

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЯХ С ЦЕЛЬЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Абилкалова Камила Кайратовна

PhD докторант Алматинского, технологического университета, Республика Казахстан, г. Алматы

Нарибаева Эльвира Купжасаровна

Кандидат технических наук, доцент, Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы

INFLUENCE OF THE AGE-RELATED CHANGES IN CONSUMER PREFERENCES FOR DESIGN CLOTHING FOR ELDEST AGE WOMEN

Abilkalamova Kamilya, PhD student of Almaty technological university, The Republic of Kazakhstan, Almaty city

Naribayeva Elvira, Candidate of technical science, associate professor, Almaty technological university, The Republic of Kazakhstan, Almaty city

АННОТАЦИЯ

Выявление потребительских предпочтений в одежде женщин старшей возрастной группы. Статистические данные о численности женщин данной возрастной группы. Проведение анкетного опроса с целью выявления потребительских предпочтений. Выявленные предпочтения женщин старшей возрастной группы по результатам анкетирования. Краткие выводы по потребительским предпочтениям женщин старшей возрастной группы при выборе одежды.

ABSTRACT

An exposure of consumer preferences in clothing of eldest age – related group women. Statistical data about the quantity of women of this age – related group. Questionnaire with the purpose of exposure of consumer preferences. Educated preferences of eldest age – related group women on results a questionnaire. Short conclusions about consumer preferences of eldest age – related group women at the choice of clothing.

Ключевые слова: женщины старшей возрастной группы; потребительские предпочтения; анкетирование; результаты анкетного опроса.

Keywords: women of the eldest age – related group; consumer preferences; questionnaire; results of the questionnaire.

Потребительские предпочтения считаются статичными явлениями, различными только у разных потребительских групп, не изменяющимися в течение жизни.

Для понимания природы возрастных изменений в потребительских предпочтениях необходимо провести параллель между широко применяемыми в психологии различными вариантами возрастной периодизации развития личности и потребностями, и предпочтениями в разных видах товаров.

Данные о влиянии возраста на потребительские предпочтения и потребление весьма противоречивы. Экономисты и маркетологи не выделяют возраст в качестве ведущего фактора изменения потребительских предпочтений, но и не относят его к совершенно незначимым. Они просто его не рассматривают. Среди психологов мнения различны: одни относят его к ведущим факторам, другие – к второстепенным. Но большинство психологов отмечает его значимость [3].

По результатам исследования [3] выявлено, что возрастная изменчивость потребительских предпочтений и возрастная изменчивость психологических свойств потребительских предпочтений существует.

В нашей стране пожилое население главным образом состоит из женщин. По данным департамента по статистике г. Алматы на начало 2014 года в городе проживает 1507509 человек, из них женщин – 820482, мужчин –

687027. Число женщин достигших пенсионного возраста составляет 128177 человек. Это 15% от общего количества женщин в г. Алматы [1, 4].

Вместе с тем увеличивается средняя продолжительность жизни женщин. Если в 2008 году она составляла 75 лет, то в 2012 возросла до 77 лет.

Увеличивается и количество женщин достигших пенсионного возраста, в среднем на 4000 человек в год. Так, в 2010 году их число составляло 117359 человек, а в 2013 возросло до – 128177 [1, 4].

Приведенные выше статистические данные подтверждают необходимость уделять больше внимания зависимости потребительских предпочтений и возраста, при проектировании одежды для женщин данной возрастной группы.

Сегодня это поколение, достигшее третьего возраста (возрастная группа, к которой относятся люди 50 – 75 лет) обладает достаточной экономической мощью и создает спрос на современные товары.

Согласно возрастной динамике потребительских предпочтений [3] женщины, исследуемой возрастной группы (56 лет и старше) относятся к 6 стадии, называемой «редукцией предпочтений» (45 – 65 лет).

В этом возрасте человек продолжает любить стиль одежды, существовавший в среднем возрасте. Если и по-

кушает новые товары, то того же стиля, что и раньше. Ведущими атрибутами в этом возрасте являются состав и цена товара[3].

Ведущие атрибуты товара претерпевают изменения в течение жизни. Если в детстве и подростковом воз-

расте важными считаются внешние характеристики товара (цвет, отделка, дизайн упаковки, торговая марка), то для молодежи и более старшего возраста преобладают скрытые особенности – состав товара, его качество, видообразующий ингредиент, а также место приобретения [3].

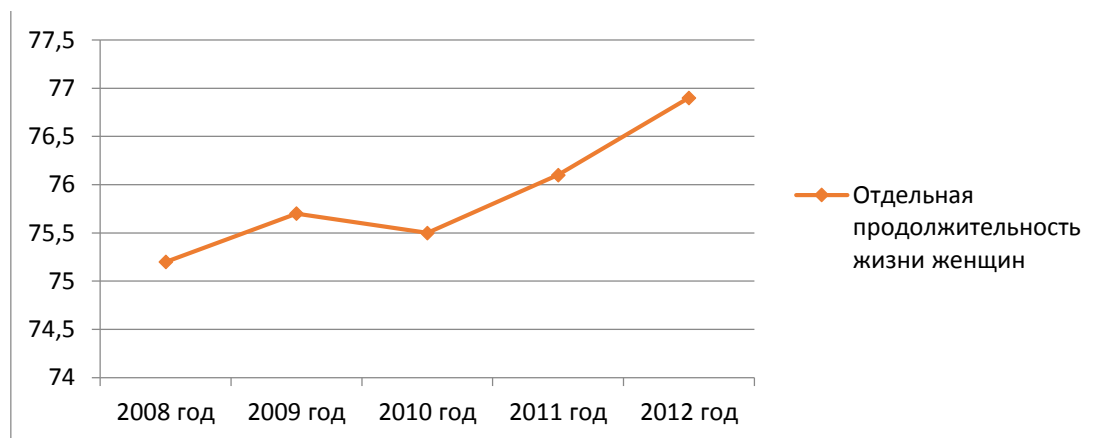


Рисунок 1. Продолжительность жизни женщин по г.Алматы с 2008 по 2012 гг.

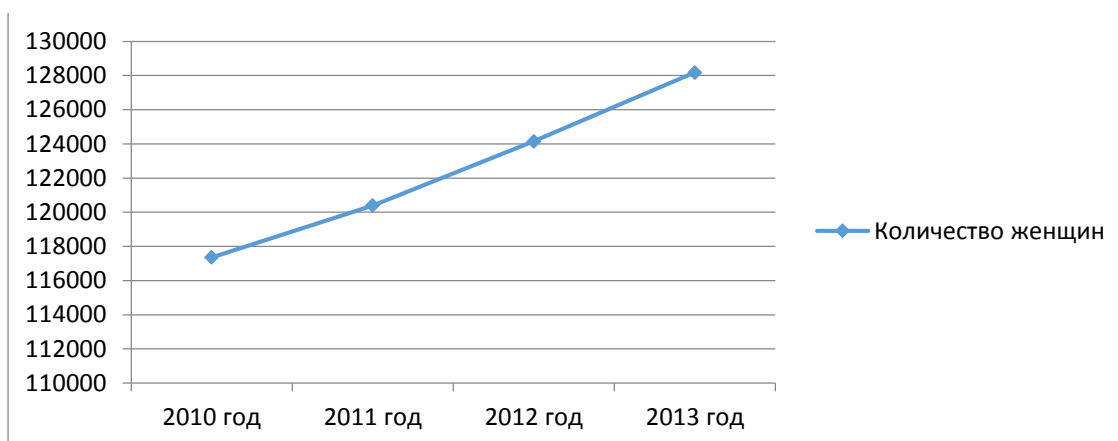


Рисунок 2. Количество женщин пенсионного возраста по г.Алматы с 2010 по 2013 гг.

Проведенный анкетный опрос среди представительниц данной возрастной группы для выявления их потребительских предпочтений показал, что 65% женщин предпочитают классический стиль одежды. 50% опрошенных предпочитают прямой силуэт и 40% - полуприлегающий при выборе плечевых изделий. 65% выбирают прямой силуэт поясных изделий. При выборе тканей предпочтение отдается трикотажным полотнам – 65%.

Также, по результатам обзора научных работ [2] по данной теме было выявлено, что главным мотивом приобретения того или иного изделия для женщин данной возрастной категории является удобство в эксплуатации – 48%. 43,5% выбирают материалы, обеспечивающие гигиенический комфорт.

Принимая во внимание вышеизложенные данные и результаты можно сделать следующие выводы:

- при выборе товаров, в том числе и изделий легкой промышленности люди этого возраста будут руководствоваться простотой в эксплуатации, практичностью и уровнем комфорта, который дают им эти товары;
- они будут избегать нелепого и неумеренного дизайна этих товаров, что соответствует их спокойному и размеренному образу жизни;
- при проектировании изделий для людей данной возрастной группы необходимо придерживаться

понятного и долговечного стиля и поистине высокого качества.

Знание всего этого поможет инженерам – конструкторам и дизайнерам при конструировании и моделировании изделий и товаров легкой промышленности, направленных на конкретный возраст.

Список литературы

1. «Женщины и мужчины города Алматы за 2008 – 2012гг.» Статистический сборник / 2013 – 71 с. Под редакцией Б.А. Каргулова, Департамент статистики города Алматы Агентства Республики Казахстан по статистике.
2. Новосельцева Т.В., Разработка технологии адресного проектирования одежды для пожилых женщин, Диссертация кандидата технических наук. – Москва, 2004 – 208 с.
3. Посыпанова О.С., Экономическая психология: психологические аспекты поведения потребителей, Монография. – Калуга: Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского, 2012. – 296 с.
4. Численность населения города Алматы по полу, отдельным возрастным группам и национальностям. Демография. Серия 14 / 2013 г. Департамент статистики города Алматы Агентства Республики Казахстан по статистике.

О РАЗВИТИИ МЕТОДИК ПРОГНОЗА ПОДТОПЛЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Антолик Ольга Михайловна

Аспирант, Омский государственный аграрный, университет им. П.А. Столыпина, г. Омск

Чернов Дмитрий Александрович

Аспирант, Омский государственный аграрный, университет им. П.А. Столыпина, г. Омск

Сологаев Валерий Иванович

доктор техн.наук, профессор, Омский государственный аграрный, университет им. П.А. Столыпина, г. Омск

ABOUT THE DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE OF FLOODING FORECAST AND DESIGN DRAINAGE FACILITIES

Antolik Olga Mikhailovna, graduate student, Omsk State Agrarian, University of P.A. Stolypin, Omsk

Chernov Dmitry Alexandrovich, graduate student, Omsk State Agrarian, University of P.A. Stolypin, Omsk

Sologaeval Valery Ivanovich, doctor of Technical Sciences, professor, Omsk State Agrarian, University of P.A. Stolypin, g. Omsk

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена актуальность применения существующих методик прогноза подтопления и проектирования дренажных сооружений. Приведены примеры расчетов методом электронных таблиц для решения городских и мелиоративных задач.

ABSTRACT

The actual application of existing methods of prediction of flooding and the design of drainage facilities. Examples of calculations by spreadsheets for solving urban problems and reclamation.

Ключевые слова: дренажное сооружение; моделирование; подтопление; проектирование; фильтрация.

Keywords: drainage facilities; modeling; flooding; design; filtering.

Ведение. Роль инженерной защиты от подтопления мелиорируемых территорий постоянно возрастает. Усовершенствование и автоматизация методов прогнозирования процессов подтопления и расчета дренажных сооружений является одной из основных задач современных специалистов. Чтобы выяснить какие из методов являются наиболее точными, а также приоритет какой методике давать, следует знать, на чем основана каждая из них, и что лежит у ее истоков.

Основная часть. Существующие методики расчета, используемые в практике проектирования, требуют немалых уточнений.

Исследование процессов подтопления и дренирования осуществляется тремя методами: экспериментальным, аналитическим или же моделированием. Каждый из перечисленных методов имеет свою временную хронологию в приоритетном использовании и может применяться как по отдельности, так и в сочетании друг с другом.

Учение о динамике подземных вод берет начало в 18 веке с работ М.В. Ломоносова, а открытый в 1856 году закон Дарси является основой всех фильтрационных расчетов и в наше время.

Математические основы гидравлики и гидродинамики были разработаны Бернулли. Он впервые вывел уравнение напора воды (уравнение Бернулли). Результаты исследований опубликованы в книге «Гидродинамика или записка о силах и движении жидкостей» в 1783 году.

Эйлер проводил свои разработки в области гидродинамики. Им были получены первые дифференциальные уравнения движения жидкости. В современной гидродинамике они известны как уравнения Эйлера.

В 1889 году была опубликована работа отечественного ученого Н.Е. Жуковского «Теоретическое исследование о движении подпочвенных вод», в которой были выведены общие дифференциальные уравнения фильтрации в пористой среде на основе уравнений Эйлера.

Изучение неустановившегося движения грунтовых вод в России изучалось К.Е. Лембке (1886 год), который впервые применил приближенный метод. В настоящее

время он называется методом последовательной смены стационарных состояний.

За рубежом этими же вопросами занимался Ж. Буссинеск (1904г.), который развивал гидравлическую теорию фильтрации. Он вывел дифференциальные уравнения движения грунтовых вод, а также решил ряд задач о неустановившемся движении грунтового потока.

Советский ученый А.А. Краснопольской работал над теорией притока воды к колодцам при турбулентной фильтрации. Результатом его работ стал труд 1912 года «Грунтовые и артезианские колодцы».

Основателями отечественной школы теории фильтрации являются профессор Н. Е. Жуковский, академики Н.Н. Павловский, Л.С. Лейбензон. Работы этих ученых заложили основу самой крупной в мире советской школы ученых, работающих в области теории фильтрации.

Н.Н. Павловский разработал гидромеханический метод в теории фильтрации, который в последующем развивали В.И. Аравин, В.В. Ведерников и С.Н. Нумеров. Данным методом решались стационарные двухмерные фильтрационные задачи как напорные, так и безнапорные.

Аналитические методы прогноза подтопления основаны на решении дифференциальных уравнений фильтрации, которые зачастую сложны и громоздки. На практике их пытаются по возможности сократить, чтобы получить несложные решения в виде аналитических формул.

Именно эти аналитические зависимости являются фундаментом развивающихся методик прогнозирования процесса подтопления. Они берут начало еще с первых учений о динамике подземных вод и продолжают совершенствоваться в настоящее время.

Точность аналитического метода зависит от достоверности исходной гидрогеологической информации и правильности решения дифференциальных зависимостей. Универсальность этого метода дает ему большое преимущество и заключается в возможности решения широкого спектра задач, имея типовые гидрологические схемы.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Формула моделирования нестационарной фильтрации					DL	K	μ	H	a	Устойчивость α			
2						10	0,87	0,46	20	37,82608696	2,390305751			
3														
4														
5	H/L	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Dt	
6	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	20	0,467737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,553	
8	20	1,410482	0,003346	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,106	
9	20	2,832403	0,029654	3,03607E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	1,659	
10	20	4,711071	0,129775	0,00109859	1,10658E-10	0	0	0	0	0	0	0	2,212	
11	20	6,966577	0,399472	0,00133274	3,02184E-08	3,0437E-17	0	0	0	0	0	0	2,765	
12	20	9,428954	0,98382	0,009266428	1,55684E-06	1,64852E-13	5,27E-27	0	0	0	0	0	3,318	
13	20	11,82383	2,055638	0,045121395	3,42125E-05	7,1273E-11	2,45E-21	1,39997E-41	0	0	0	0	3,871	
14	20	13,81596	3,745812	0,169337105	0,000435334	8,44318E-09	2,52E-17	5,0739E-33	2,19142E-63	0	0	0	4,424	
15	20	15,15087	6,020257	0,514530916	0,003718757	4,35944E-07	3,65E-14	5,94517E-27	1,70103E-50	4,82823E-96	0	0	4,977	
16	20	15,8533	8,563821	1,297015073	0,023076745	1,22958E-05	1,51E-11	3,65258E-22	2,39719E-41	1,16018E-76	5,548E-145	0	5,53	
17	20	16,2609	10,82693	2,740401759	0,108584263	0,000214003	2,5E-09	3,37194E-18	4,01559E-34	6,75155E-63	7,1884E-116	0	6,083	
18	20	16,69846	12,36834	4,871466707	0,396375422	0,002461385	1,99E-07	7,82529E-15	3,88559E-28	5,04965E-52	3,48131E-95	0	6,636	
19	20	17,11973	13,27126	7,322898392	1,136946829	0,019470587	8,5E-06	6,04073E-12	4,70602E-23	5,20698E-43	7,71422E-79	0	7,189	
20	20	17,36702	13,95887	9,459726581	2,587907229	0,108770673	0,000207	1,82069E-09	1,08702E-18	2,36355E-35	2,75083E-65	0	7,742	
21	20	17,58683	14,59877	10,87887585	4,732182681	0,439017609	0,003024	2,36202E-07	6,09505E-15	8,89007E-29	9,01356E-54	0	8,295	
22	20	17,81716	15,1424	11,75199021	7,074063265	1,311108904	0,027432	1,41495E-05	9,6112E-12	3,98147E-23	7,01349E-44	0	8,848	
23	20	17,99215	15,5321	12,53457074	8,904386437	2,965820005	0,161851	0,000418162	4,74133E-09	2,64898E-18	2,23343E-35	0	9,401	
24	20	18,1101	15,90753	13,26362252	10,02651499	5,195709314	0,648702	0,006594433	8,09653E-07	3,07338E-14	4,05832E-28	0	9,954	
25	20	18,29943	16,2109	13,812984	10,86575258	7,281727356	1,834796	0,05867393	5,35374E-05	7,24174E-11	5,35347E-22	0	10,507	
26	20	18,30689	16,5645	14,24445488	11,70364599	8,649669091	3,796187	0,321112248	0,001540638	4,1043E-08	6,44547E-17	0	11,06	

Рис. 1 Пример модели одномерной плоскопараллельной нестационарной фильтрации.

Однако для получения типовой схемы прибегают к схематизации природных условий. Схематизация предполагает упрощение, следствием которого является огрубление полученных результатов при расчетах.

Так, возможность применения линеаризации (упрощения) гидравлической теории фильтрации, определяется по критериям С.Ф. Аверьянова и В.М. Шестакова, которые зависят от требуемой точности расчета.

Схематизируют фильтрационный поток по времени, т.е. определяют установившийся режим движения потока или неустановившийся. Для этого применяют критерий С.Ф. Аверьянова и Н.Н. Веригина.

Схематизация водоносного пласта по коэффициенту фильтрации и водонасыщения подробно описана в [1].

В теории фильтрации имеет место принцип суперпозиции, который заключается в сложении потоков, то есть для решения сложной задачи ее разбивают на ряд более простых.

Все вышеперечисленные упрощения, позволяют получить не сложные аналитические зависимости, но также существенно повлиять на инженерную точность расчета, что пойдет не в запас проектируемого сооружения или прогнозируемого процесса. Чтобы этого избежать, необходимо прибегнуть к более точному методу прогноза – моделированию.

Обзор существующих методов моделирования, который был нами изучен, показал, что, несмотря на их разнообразие, они достаточно сложны и требуют с течением времени преобразования и развития.

С развитием новых компьютерных технологий моделирование активно внедрилось в практику. Применяется в практике прогнозирования процессов подтопления оно стало с 1920-х гг. [2]. Методики моделирования позволяют осуществлять прогнозирование, что в гидрогеологии, мелиорации, автоматизации проектировании строительства играет большую роль для решения различного рода хозяйственных задач. Так при проектировании и строительстве вопрос динамики влаги является одним из важных.

Защитить от подтопления здания, сооружения и мелиорируемые земли на равнинной территории очень

сложно. Сложность заключается в плоском и бессточном рельефе. Известные методы прогнозирования подтопления и дренирования грунтов большой мощности дают большие погрешности (более 5%), вследствие нелинейности изучаемых процессов, что вызывает необходимость перехода от аналитических методов к компьютерному моделированию [4].

Составление гидрогеологических прогнозов позволяют предвидеть развитие гидрогеологических процессов или явлений во времени и пространстве. В начале 1950-х годов, с развитием электронно-вычислительной техники активное развитие получили численные методы фильтрации. Со временем была разработана методика метода конечных разностей в электронных таблицах Microsoft Excel (МКР-Excel), которая позволяет моделировать фильтрацию воды и воздуха, влаготеплопереноса и электроосмоса при защите от подтопления в городском строительстве. Моделировать можно одно-, двух- и трехмерные стационарные и нестационарные процессы в однородных и неоднородных пористых средах. Отсутствие публикаций на русском языке по использованию электронных таблиц для моделирования фильтрации позволило заявить свой приоритет в России.

Компьютерное моделирование в электронной таблице предполагает, что дискретные состояния напоров водоносного пласта чередуются друг за другом в виде строк, столбцов. Шаги времени идут построчно вниз, что соответствует направлению счета в таблице. Чем больше проходит дискретных шагов времени Dt, тем больше состояние напоров накапливается в файле модели. Положительное свойство компьютерного моделирования заключается в том, что в конце расчетного периода времени можно вернуться в таблице к каким-то промежуточным временным состояниям и просмотреть распределение напоров [2].

На основании каких-либо проведенных опытов используя функцию Excel под названием «Линия тренда» и выбрав вкладку «Степенная линия тренда», можно вывести свою закономерность или формулу. Например, [3] с помощью функции получен график зависимости безразмерной величины α от градиента напора I (рис. 2).

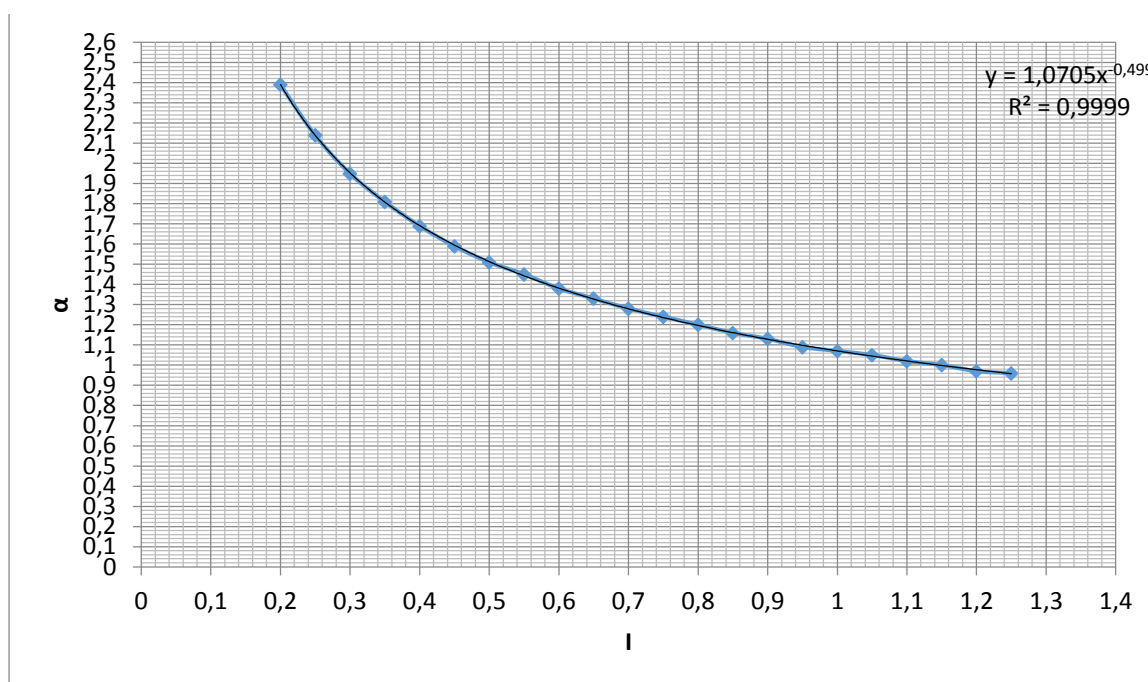


Рис. 2 График зависимости $\alpha=f(I)$ $\alpha = 1.0705 \cdot I^{-0.499}$

Вывод. Нарботанные десятилетиями методики инженерных расчетов в области теории фильтрации известны и применяются специалистами. Сегодня, с повышением требований к качеству, скорости разработки и достоверности желаемого результата, широкое распространение получает компьютерное моделирование, позволяющие оптимизировать процессы применения таких методик.

Основным методом прогноза подтопления застроенных и застраиваемых территорий следует считать аналитический, хотя для получения более дифференциальных по площади данных по прогнозу уровней может оказаться необходимым применение метода моделирования [1].

Литература

1. Прогнозы подтопления и расчёт дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях: Справочное пособие к СНиП / А.Ж. Мүфтахов, И.В. Коринченко, Н.М. Григорьева, В.И. Сологаев, А.П. Шевчик; ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.
2. Сологаев В.И. Фильтрационные расчеты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве: Монография. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2002. – 416 с.
3. Сологаев В.И., Чернов Д.А. «Моделирование одномерной плоскопараллельной нестационарной фильтрации в напорных потоках при турбулентном движении с помощью электронных таблиц при проектировании защиты от подтопления в мелиоративном, городском и дорожном строительстве» - Омск: «Омский научный вестник», 2014 – 260с.
4. Чернов Д.А., Щербakov Н.Н., Сологаев В.И. «Актуальность борьбы с подтоплением зданий, сооружений и мелиорируемых территорий на грунтах малой мощности» - Омск: Материалы Второго Международного научно-технического форума «Реализация государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: инновации, проблемы, перспективы», 322 с.

INNOVATIVE TOOLS AND TECHNIQUES OF SPECIAL PHYSICAL PREPARATION. TESTING SPECIAL PHYSICAL AND PSYCHOLOGICAL READINESS OF CLIMBING SPORTSMEN

Antonov A.I., Vorobyov V.A., Duryagin D.A., Dolgopolsky V.O., Rasulov M.A.
 Arkhangelsk: Northern Arctic Federal University (NARFU) named after MV Lomonosov.

ANNOTATION

The authors offer innovatory technical devices of their own for practical training of mountaineers and climbers.

Keywords: Physical culture. Technical sport devices

Technical climbing involves accurate movements of arms and legs, nice, smooth movement, the exact position of the body, a certain rhythm. If we expand the more technical climbing elements, they will consist of the best certain

movements. If the climber is strong enough, then his strength combined with precise movement of hands, feet, body, may lead him to progress very quickly, even without a big fitness.

A climber with good technique has the right skills coordination. A distinctive feature of the optimal motion is softness. In this a climber feels exactly the position of his own body in space and is able to control all muscular effort. A climber's movement depends on the following parameters: speed and strength. One and the same interception, i.e. the movement from one to the other hooks can be performed using a dynamic or breakthrough or by «Reaching». A technically prepared climber in every movement uses it both, but (s) he is soft, strong and flexible, i. e., (s) he climbs, «like a cat.»

In bouldering, you must first train the force of the fingers. While climbing especially for beginners, it is crucial to develop «hammered» forearm muscles which are responsible for flexion-extension movements of the fingers and shoulders and hands. Strength and endurance of the rest of other body muscles are also very important. The main burden should be as much as possible transferred on his feet.

When traveling on hooks the optimal tactic is, as often as possible, to hang out at arm's length and base on bent legs.

In positions of stops and pauses in movement, for stability, you can choose these hooks on the wall and poses for the body to have at least three points of support so that the center of gravity could «hang» between or under them. This provides the ability to carry a fourth limb to the next hold, simultaneously giving her the rest. In the dynamics the center of gravity can be «re-rolled» from one stable state to another with the help of inertia. It strengthens bones, increases endurance.

This technical training device is offered for athletes climbers, as well as for the rehabilitation of people who have suffered heart attacks, strokes and injured limbs, spinal curvature (lordosis, kyphosis, scoliosis), which will help to restore health.

The proposed technical devices can be of four types: as lean-and gable i.e. exercises can be performed on the one side and the other side, and have ball-shaped structure and a conical form. Technical data structures may change the angle and height. Rehabilitation of any specific deviations in the health exercises can be performed at a lower – a gentle slope, the device for climbers is folded to a great height with a sharp angle at which the complexity of the exercise increases. The construction may have a height of 3 – 5 – 10 meters.

In a lean-device is as follows: the simulator consists of a special frame having tubes on both sides of light metal or plastic, which are connected above and below the horizontal beams passing through the vertical tube through the holes which can be free when they are rotated. On these horizontal bars a tape-track conveyor is superposed, by securing its top and bottom, wherein the bottom of one of which may have a ratchet mechanism. On this tape-track fix tennis balls are fixed by using the butterfly bolts for an arbitrary location at a distance of 40–60 cm.

These balls are designed to hand capture in different ways and for the different feet positions. On the other hand, the movable sliding bar with an emphasis on hooks on the rear side of the frame is set and adjusted, top – down, and, thereby, lowering or raising this stand, you can change the angle, if necessary, and the post itself can change its length by folding retractable pipe and secure it to the desired length.

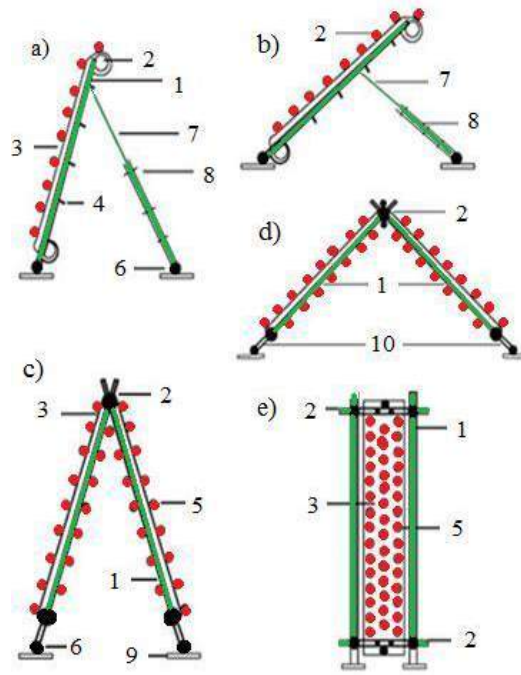
A gable technical structure to a greater extent is offered for training athletes involved in climbing. Unlike lean-

to, it consists of two frames, connected at the top by means of crossing and their attachment holes through the horizontal movable tube, the crossbar, and with their breeding grounds at the bottom part of the frame, the two sloping slide is formed. The apparatus at the bottom of sliding racks is connected by pipes or plates, and if necessary, their length can be increased, thus presenting a sloping hill and the lowest with a large angle, up to the horizontal level. When reducing the connection length of the lower grounds, the device may be of a greater height hill, where the angle between the frames at the top becomes less sharp for use (slides) by training athletes. The frame is provided with the same conveyor belt, and Bandy balls can be used, they are attached to the belt by piercing them through the bolt and on the other side of the belt flat nuts are fastened. Balls of bandy have a lasting quality and can be used to exercise for longer periods. All of the exercises are performed in these embodiments, the outer frame-side feed. It should be noted that this technical structure may be converted so that the balls are arranged on the inner sides of the device. It is not difficult to do. So, you can take all the gable device, de-compose it into a horizontal position, pick up one of the frames and move to the other side, forming a mound with balls located on the inner side of the entire structure. Or all of the device lying horizontally flip 180* and lift up the middle part, forming a triangular structure. In the bottom of the frame is a platform-base with a movable lock.

Technical devices (fig 1) of lean-and gable types are explained in the following figures: as in Figure (a, b) with a side view with a description lean-device, wherein: the side bar of the frame 1, the movable horizontal bar 2, a conveyor belt 3, balls to hand capture 4 thrust 5 hooks, sliding locks 6, 7 incoming trunk, the outer hollow tube to stop the frame 8. gable device for training athletes, as well as to perform special exercises for rehabilitation of people with diseases listed above are illustrated in figures (c, d) with a side view where: side rods or tubes 1, 2 horizontal bars, conveyor belt 3, 4 balls fixed, mobile locks 6, LC-9 base, adjustable both oblique connection with fixing frames 10.

In Figure (e) shows the frame with a front view, where: 1 laterals, movable horizontal bar 2, a conveyor belt, lane 3, balls mounted on the belt 4 on the lower horizontal bar to tighten the belt ratchet 11.

Similarly, the authors propose a technical device and spherical cone types, which are also designed for rehabilitation in the development of hand, feet muscles and generally strengthen the entire body to people suffering from dis-eases of muscular – skeletal system. These devices can be used for the rehabilitation of people who have passed the initial treatment and are able to independently perform the exercises. Currently, there are many expensive hardware. Our proposed devices and accessories are simple structures, mobile, easy to manufacture, the material available. The technical device in training climbers is represented in the form of a truncated sphere in the base for a stable position on the floor, and can also be movable through the installation of rollers in the bot-tom of the bowl. Around the ball inside and outside, in a circular manner balls in the holes in the wall are set and connected by hollow pipes coming out of each ball by embedding them inside each other and screwing. Thus a bunch of two balls that pass through the holes in the wall spherical device is formed.



У-2 на 11

Fig 1

The design of the ball and a bunch of small balls are made of durable material, or light metal. Similarly appears and tapered the device with all the elements of the spherical design. Exercises on these devices are manufactured both outside and inside and have the most diverse array of options for the development of the hands and feet. They can be performed in various grabbing hands positions (top, bottom, and direct capture of the ball), with different staging the feet (supported toe middle portion, heel, side of the foot outer and inner sides). Movements can be: a straight line up in a circle, with side heterotypic staging of the feet, the same exercises performed back to the device with different formulation of the foot; for athletes – climbers it may be head down slopes, with simultaneous rearrangement of the hands and feet. Jumping up and running may start on a small device with one, two feet from the floor on the balls which are at the base of the device, as well as jumping from the floor to capture balls by hands. Exercise to be carried out within these devices can be considered as their use in hazardous environments requiring special attention and concentration of all actions of the athlete. Because movements will be carried out in a (almost) dark space, to overcome fear, which is an important quality for athletes – climbers. All movements are basically the same

as the outside ones. There are movements performed by hanging on the hands: so climbing to the top of the structure to move to the other side, at some point, the athlete will have to swap hands without legs: that may require to have a reasonably good physical condition, good orientation and psychological stability. To complicate the movements inside, the device can be moved on rollers, which are placed in the foundations of the structures in different directions, creating additional challenges to face and make the best decisions to capture balls tassels and stable position of the stop of the feet. To control the physical and technical training in climbing it is recommended to use a variety of tests to monitor their fitness training on time, № of laps around the done devices, lifts up the rate rises on some hands, climbs to the top of the device only by legs with different feet staging.

The following technical equipment available for use by athletes climbers are: (fig 2) one of them is represented in the form of a truncated sphere and illustrated by the following figures: for example, in Figure (a) shows a side view of the cone-shaped structure, where: 1 round cone, filled with both outside and inside the balls 2 base 6 rollers 5. The compound sphere of balls

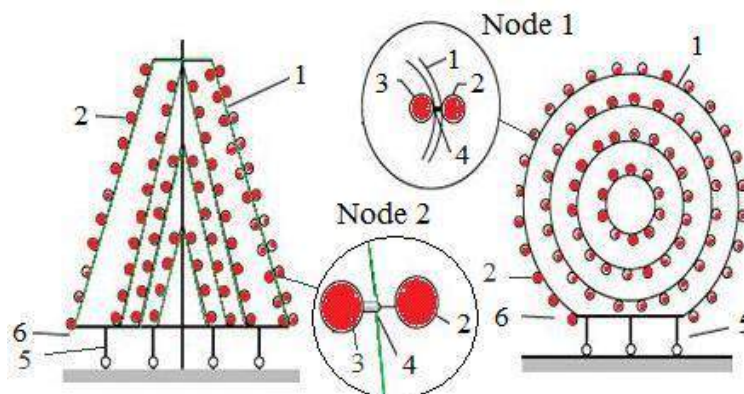


Fig 2

In Figure (b) general view of the device, where: 1 bowl body, both inside and outside balls stuffed with two truncated parts of the sphere, serving as a base 6, if necessary, attached rollers 5. Node 1 illustrates the location of the balls and their connection through the wall of the sphere, where: ball 1, ball 2 outer, inner ball 3. Node 2 shows the connection of the balls screwed nozzles 4.

Psychophysical testing of cliffhangers' training

Testing of physical and mental training involves the complex of special exercises presented in the manual, as exemplary, and are subject to increase the range and complexity by coaches and athletes themselves.

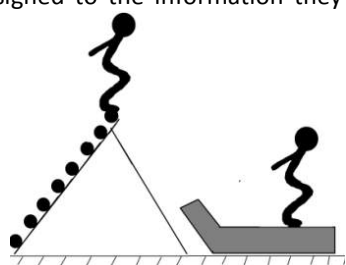
They are a means to prevent possible stress states of athletes – climbers: feelings of anxiety, fear and mental stress caused by the uncertain turn of events and actions.

An important role in the psychophysical training of athletes is assigned to the information they receive in the

course of performing specific tests proposed by the authors. The test results and teacher observations will also help to assess the functional state of the organism as a whole and the level of overall physical performance of an athlete in particular.

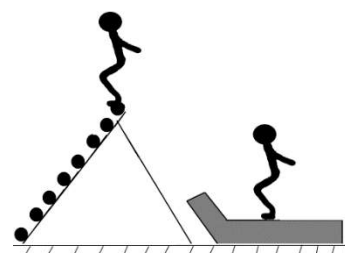
Special exercises to assess psychophysical preparedness are presented by the authors of these technical devices: lean and gable on truncated cone and a sphere, the criteria which may include: exercises on the №, time, distance records for a certain period of time, expert evaluation of the athlete's behavior, vasomotor, autonomic and psychological reactions before, during and after the test. On the results of audit athletes are given recommendations for further individual training.

Approximate testing of psychophysical training in teaching climbing



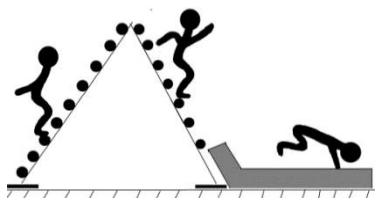
Jump down to the mat from the top of the lean-to device.

Jump delay to:
3 seconds is estimated at 3 scores;
2 seconds worth 4 points;
1 second is estimated at 5 points.

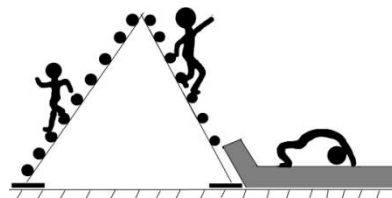


Jump down to the mat from the upper part of the lean-to device, back forward. Jump delay to:

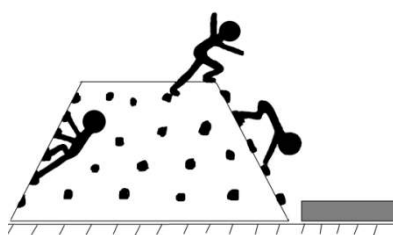
5 sec. rating – 3 score;
4 sec. Assessment – 4 points;
3 sec. rating – 5 points.



Speed running on the sloping gable device followed by tumbling forward in a standing position at descent. Score depends on the height position of the device.



Ascent and descent on the gable device backwards with the backward roll at the end. Provide secure landing and installation of foam mats.



Climb ascent inside a truncated cone, exit out and head forward descent on arms and legs (on all fours). Movable balls - wall

The proposed movable wall on the balls (fig 3) is intended for training athletes and climbers, for use in physical education and sport, being a kind of gym wall. The main difference is that instead of gymnastic ladder rungs balls on the shield are installed on both sides to grab by their hands and feet to place.

The main purpose of this device is to perform the exercises in an unusual way and in a new form, which develops hands muscles, their tenacity, the ability to efficiently rearrange the feet, working at overcoming fear and

the gradual improvement of the nerve-psychological state, developing them during training. Such a device in its novelty will attract students to classes on it, unlike gymnastics ladder, which in recent years has become unattractive. There is a great need to use it not only in the preparation of athletes and students, but also for employees of M.E.S.(MЧС), M.F. (B.C.) and many other specialties as profession-ally applied.

This technical device may consist of solid metal or plastic sheets up to 5 meters and a width of 3 to 5 meters, forming a shield section, the amount of which depends on the

size of the hall or playground located on the street. They are mobile, because can easily be the charge of the wall in the gym, hall or can be placed perpendicular to the wall, thereby to increase the capacity of its use during its operation in physical education and sports.

Panels are fixed to the sides of the rack-pipe, on top of which to strengthen, horizontal bars are placed. One of the racks is attached to the wall of the hall, gym, which can rotate in any direction, the second post at the shield base has a roller for removing it in the desired position, then it is fixed on this site. This position will be ready to perform a variety of exercises and movements.

The main element of this device is that the balls are installed on the mobile and fixed panel on both sides of the structure. Setting goals and securing are explained as follows. The centered drilled hole in the ball for the dip sleeve having a threaded outer to strengthen it in the ball, and to fit the inner horizontal bar, which is on both sides of the external thread. Installation begins with the attachment of the rod in the hole board, then put the washer and tighten the screws, then at the end of the rod the ball into the sleeve is threaded. A similar procedure is performed on the other side of the shield. The final action of the installation and fixing goals is a gradual and uniform crackdown, while tightly clutching washers to the shields, placing nuts gives some distance between the shield and the ball for a more comfortable grip by hands and feet to stop.

This unit is explained in the following figures: Fig. № 1 – is a perspective view of one section of the front-panel 1, where the sides of the shield attached to stand-pipe 2, which

is superimposed on top of the pipe to strengthen the mobile device shield 3, rod packing sheets on both sides of the shield 4, balls location 5, at the base vertical stand a roller 6.

Figure 1 shows the possible position of the shield: a – (position) location at the wall of the gym, b – position, the shield is deployed at an angle of 45° in the – position, deployed at a large angle. When you install this position and shield its base is fixed to the floor. Figure № 2 shows a front view of the desk, which is attached to the wall, wherein the capsule 7, the upper rack shaft 8, which provides freedom of movement in a circle. Figure 3 shows the front view, where: shield-section 1, the core 4, ball 5, sleeve with internal and external thread 9, external threads on the rod 10, washer adjacent to the shield 12, fixing nut 11.

Figure 3:

Methodical instructions on the location of balls: Balls can be placed as strictly in a row vertically and horizontally, and the asymmetric manner. The recommended location of balls on one shield side of larger diameter (for adults) and on the other side of the panel with a smaller diameter to capture by the hands (for school-children). Balls size must comply to capture a ball by hands.

Hand grips of the ball can be: the capture of the ball from below the fingers together, on top, the fingers together and straight grip, fingers apart.

Legs and knees staging can be made herringbone: the feet turned outwards, another opposite position – one foot turned outwards, the other inside. Move-ments by knees, legs may be horizontal, vertical, diagonal, zigzag manner, and other.

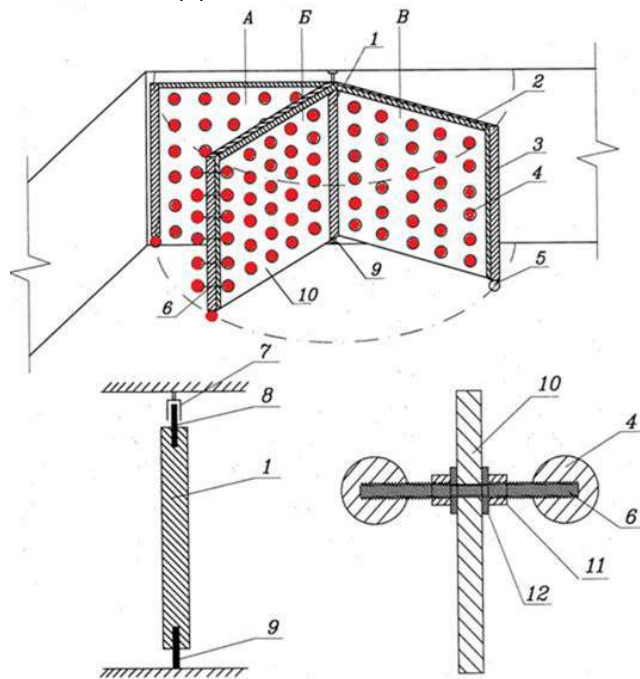


fig 3

References

1. Antonovich II Sport climbing. M., 1978.
2. Piratinskiy A.E. Preparation climber. M., 1987.
3. Baykovsky Y. Fundamentals of sports training in mountain species sporta.M., 1966
4. Erbesfield A., Boga S, Sport Climbing with Robyn Erbesfield. Stack- pole Books, 1997.
5. Long X Gym C1nnbl Chockstone Press, 1994.

ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА АКСИОМ ИЗМЕРЕНИЙ

Баранов Виктор Алексеевич

кандидат технических наук, Пензенский государственный университет, г. Пенза

Baranov Victor, Candidate of Science, Penza state university, Penza

АННОТАЦИЯ

На основе системного анализа аксиом измерений физических величин предлагается иерархическая система исходных положений проектирования автоматических средств измерений. Система имеет философский, системно – физический, метрологический уровни и инженерный уровни.

ABSTRACT

Hierarchical system of rules for design of automatic measuring devices is proposed. The system is based on a systems analysis of the axioms of measuring physical quantities. The proposed system has a philosophical, system - physical, metrological and engineering levels.

Ключевые слова: автоматическое средство измерений; системный анализ; аксиомы измерений.

Key words: automatic measuring device; systems analysis; axioms of measuring

Основным направлением совершенствования средств измерений физических величин является автоматизация измерений. Для решения задачи автоматизации измерений метрологии необходимо выйти за собственные границы, включив в сферу научных знаний, необходимых для проектирования автоматических средств измерений, знание базовых (философия, физика, математика) и смежных (информатика) с ней наук. Системный подход выступает как общий метод организации взаимодействия различных отраслей научного знания при построении частной научной теории [5], в качестве которой можно рассматривать исходные положения проектирования автоматических средств измерений.

На современном этапе развития науки становление и функционирование частной научной теории осуществляется как ее взаимодействие не только с практическим опытом, но и с другими научными теориями [9]. Система абстрактных объектов теоретического языка образует содержательную структуру теории. Иерархия теоретических моделей исследуемых объектов и процессов формирует внутренний каркас теории, а ее развертывание предполагает редукцию моделей верхних уровней к моделям нижних уровней. Базисные абстрактные объекты образуют фундаментальную теоретическую схему (исходную модель теории) и полагаются конструктивно независимыми.

Условием объективизации теоретических схем является их эмпирическое обоснование, которое предполагает установление связей между абстрактными объектами схемы и реальными объектами опыта. Теоретическую схему, удовлетворяющую опыту, считают конструктивно обоснованной. Конструктивное обоснование обеспечивает привязку теоретических схем к опыту, а значит, и связь с опытом математического аппарата теории. Конструктивность выступает как методологическое правило построения ядра научной теории. Элиминация неконструктивных абстрактных объектов вызывает изменение всей теории из-за трансформации содержания базисных понятий и укрепляет ее.

Основой эффективного проектирования автоматических средств измерений может выступать иерархическая система философских, математических, физических, системологических и метрологических понятий и составленных из них положений.

При системном подходе физический мир представляется в виде ограниченной системы конечного числа

подсистем, образованных материей, делимой до неделимых конечных элементов. Формирование теории автоматических измерений как системы возможно путем исключения абстрактных объектов, основанных на категории бесконечного, или трансформацией их в конечные. Принцип конечности (финитности) как критерий отбора абстрактных объектов, включаемых в теорию, представляется фундаментальным.

При формировании понятийного базиса автоматических измерений на основе принципа конечности мышление оперирует только конечными объектами и порождает суждения, содержащие только такие объекты. По Гегелю [3] «мышление, порождающее конечные определения и движущееся в них, называется рассудком». Таким образом, можно говорить о рассудочном мышлении как о высшей достижимой для искусственного интеллекта (компьютера) форме мышления. Содержанием искусственного рассудочного мышления в процессе автоматического измерения являются логические операции над конечными абстрактными объектами и математические операции над конечными числами.

Естественным источником понятий для формирования исходных положений проектирования автоматических средств измерений представляются существующие аксиомы, сформулированные в теории ручных измерений.

В метрологической литературе предлагаются различные варианты аксиом измерений физических величин:

Селиванов М.Н. [8]. 1. Измерение возможно при условии установления качественной определенности свойства, позволяющей отличить его от других свойств. 2. Измерение возможно при условии установления единицы для измерения величины. 3. Измерение возможно при условии материализации единицы измерения техническим средством. 4. Измерение возможно при условии сохранения неизменным во время измерения размера единицы измерения.

Грановский В.А. [4]. 1. В рамках принятой модели объекта исследования существует определенная измеряемая величина и её истинное значение. Следствие. Для данной физической величины объекта исследований существует множество измеряемых величин и их истинных значений. 2. Изменяемая величина постоянна. 3. Для измерений при переменной физической величине необходимо определить ее постоянный параметр (измеряемую

величину). 4. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта. 5. Истинное значение величины отыскать невозможно. 6. Достижимая точность измерения определяется априорной информацией об объекте исследования.

Шишкин И.Ф. [14]. 1. Без априорной информации измерение невозможно. 2. Измерение суть сравнение размеров опытным путем. 3. Результат измерения без округления является случайным. Следствие. Результат измерения не имеет конкретного значения.

Тарбеев Ю.В. и др. [10]. 1. В рамках принятой модели объекта исследования существует определенная измеряемая физическая величина и ее истинное значение. Следствие. Для данной физической величины объекта измерения существует множество измеряемых величин. 2. Истинное значение измеряемой величины постоянно. Следствие. Для измерения переменной физической величины необходимо определить ее постоянный параметр – измеряемую величину. 3. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта. Следствие 1. Истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно. Следствие 2. Достижимая точность измерения определяется априорной информацией об объекте измерения. 4. Измерение возможно, если возможно выделение данной величины среди других величин. 5. Измерение возможно, если возможно установление единицы измерений выделенной величины. 6. Измерение возможно при создании технического средства, воспроизводящего установленную единицу измерений и хранящего ее размер (меру). 7. Измерение возможно при сохранении неизменным размера единицы (меры) в пределах установленной погрешности как минимум на срок, необходимый для одного измерения или одной серии измерений.

Цветков Э.И. [13]. 1. Величина измерима, если существует действительное число, представляющее отношение величины к принятой единице измерений. 2. Процедура измерений, обеспечивающая установление истинного значения измеряемой величины, реализована быть не может.

Свириденко В.М. [7]. 1. Существует истинное значение измеряемой величины. 7.2 Истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно.

Балалаев В.А. и др. [1]. 1. Все реальные физические системы имеют конечную протяженность, как в пространстве, так и во времени. 2. Измерение требует наличия определенной (конечной) априорной информации о компонентах измерения.

Крысин Ю.М. [6]. 1. Измерение возможно только при наличии некоторой априорной информации о свойствах измеряемых объектов, явлений или вещества, которые можно выделить качественно и определить количественно.

2. Измеряемая величина должна быть определена достаточно подробно, чтобы любая неопределенность, обусловленная неполнотой ее определения, была пренебрежимо малой по сравнению с требуемой точностью измерений. 3. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта, определяемое неопределенностью измерения. 4. Измерение есть процесс сравнения, поэтому возможно только при условии установления и воспроизведения единицы сравнения. 5. Процесс измерения возможен при условии некоторого развивающегося во времени взаимодействия объекта измерения и средства измерений.

Синтезируемая система исходных положений проектирования автоматических измерений имеет иерархическую структуру, содержащую философский, системно – физический, метрологический и инженерный уровни. Приведенные аксиомы должны быть отнесены к одному из уровней за исключением философского. При объединении повторяющихся и близких по смыслу аксиом нижние уровни системы приобретают следующий вид.

Системно - физический уровень. 1.1. Все реальные физические системы имеют конечную протяженность, как в пространстве, так и во времени. 1.2. Измерение возможно при установлении качественной определенности свойства, позволяющей отличить его от других свойств. 1.3. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта.

Метрологический уровень. 2.1. В рамках принятой модели объекта исследования существует определенная измеряемая величина и её истинное значение. 2.2. Истинное значение измеряемой величины постоянно. 2.3. Истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно. 2.4. Измерение возможно при наличии качественной и количественной априорной информации о свойствах объекта измерения. 2.5. Измерение возможно при установлении единицы измерения величины. 2.6. Измерение возможно при сохранении неизменным во время измерения размера единицы измерения. 2.7. Измерение есть сравнение размеров опытным путем. 2.8. Величина измерима, если существует действительное число, представляющее отношение величины к принятой единице измерения. 2.9. Результат измерения без округления является случайным.

Инженерный уровень. 2.10. Измерение возможно при условии развивающегося во времени взаимодействия объекта измерения и средства измерений. 2.11. Измерение возможно при создании технического средства (меры), воспроизводящего установленную единицу измерения и хранящего ее размер.

В соответствии с принципом конечности аксиома 2.8 не может быть напрямую включена в состав исходных положений без введения ограничений, так как конечный отрезок оси действительных чисел содержит бесконечное множество чисел, часть которых являются непериодическими дробями. Также не может быть использована аксиома 2.9, поскольку без выполнения операции округления результатом измерения может являться любое действительное число.

Предлагается возможный вариант иерархической системы аксиом теории автоматических измерений физических величин, выступающий как теоретическая основа проектирования автоматических средств измерений. Философский уровень сформирован из положений философских систем Гегеля и Г. Фоллмера [12]. Аксиомы нижнего уровня устанавливают соответствия между абстрактными объектами более высоких уровней и реальными объектами, задействованными в процессе автоматического измерения.

1 Философский уровень

- Истина есть единство бесконечного и конечного [3].
- Имеется реальный мир, независимый от восприятия и сознания [12].
- Реальный мир структурирован [12].
- Между всеми областями реального мира существует непрерывная связь [12].
- Чувственные органы человека аффицируются реальным миром [12].

- Мышление является функцией мозга, естественного органа человека [12].
 - Мышление порождает конечные и бесконечные абстрактные объекты [3].
 - Следствие. Мышление порождает конечные и бесконечные числа.
 - Рассудок, форма мышления, порождает только конечные абстрактные объекты [3].
 - Следствие. Рассудок порождает только конечные числа.
 - Рассудочный мир составляют взаимодействующие системы конечных абстрактных объектов.
 - Аксиома Архимеда. Если на прямой даны любые два отрезка А и В, то можно А повторить слагаемым столько раз, чтобы сумма была больше В [11].
- 2 Системно - физический уровень
- Физическая система есть рассудочная (конечная) модель области реального мира. Следствия. Все реальные физические системы имеют конечную протяженность, как в пространстве, так и во времени (1.1). Физическая система есть совокупность конечного числа взаимодействующих физических объектов. Физический объект моделируется совокупностью конечного числа свойств (качеств).
 - Физический мир составляют взаимодействующие (открытые) физические системы. Следствие. Закрытая система физических объектов является абстрактным объектом.
 - Измерение возможно при установлении качественной определенности свойства, позволяющей отличить его от других свойств (1.2).
 - Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта (1.3).
 - Существует конечный элемент (минимальный квант) физической величины.
 - Элементы одной физической величины тождественны. Следствие (системный аналог аксиомы Архимеда). Если даны элемент А физической величины и ее размер В, то элемент А можно повторить слагаемым столько раз, чтобы сумма была равна В.
- 3 Метрологический уровень
- В рамках принятой модели объекта исследования существует определенная измеряемая физическая величина и её истинное значение (2.1).
 - Истинное значение величина имеет в рамках модели закрытой (не взаимодействующей) системы. Следствия. Истинное значение измеряемой величины постоянно (2.2). Истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно (2.3).
 - Измерение возможно при наличии качественной и количественной априорной информации о свойствах объекта измерения (2.4).
 - Измерение возможно при условии установления единицы измерения величины (2.5).
 - Единица измерения физической величины устанавливается соглашением о количестве составляющих ее элементов эталонного объекта или процесса (эталонном числе) [21].
 - Измерение возможно при сохранения неизменным во время измерения размера единицы измерения (2.6).
 - Измерение есть сравнение размеров опытным путем (2.7).
- Измерение физической величины составляют физические операции над реальными объектами и рассудочные операции над конечными абстрактными объектами.
 - Результат измерения является случайным.
 - Результат измерения есть отношение числа элементов измеряемого размера физической величины к эталонному числу. Следствие. Значение величины есть рациональное число.
- 4 Инженерный уровень
- Датчик средства измерений подвергается воздействию физического мира в рамках модели физической системы.
 - Измерение возможно при условии развивающегося во времени взаимодействия объекта измерения и средства измерений (2.10). Измерение возможно при создании технического средства (меры), воспроизводящего установленную единицу измерения и хранящего ее размер (2.11).
 - Рассудочное мышление является функцией компьютера, компонента автоматического средства измерений. Следствия. Рассудочные измерительные операции выполняются компьютером. Последовательность измерительных преобразований измеряемой величины должна завершаться преобразованием в измерительный сигнал, удобный для восприятия компьютером.
 - Предлагаемая система исходных положений автоматических измерений может явиться основой синтеза алгоритма проектирования автоматического средства измерений, что позволит существенно повысить экономические показатели процесса разработки.
- Список литературы
1. Балалаев В.А., Слаев В.А., Синяков А.И. Потенциальная точность измерений. / Под ред. В.А. Слаева – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2005.
 2. Баранов В.А. Числовое представление результата измерения физической величины// Законодательная и прикладная метрология, № 3, 2008
 3. Гегель Энциклопедия философских наук. Т 1. Наука логики. – М.: «Мысль», 1974.
 4. Грановский В.А. Системная метрология: метрологические системы и метрология систем. – СПб: Изд-во ГНЦ «ЦНИИ «Электроприбор», 1999.
 5. Кнеллер В.Ю. Преобразование физических величин: специфика, связи с другими процессами, пути решения основных задач// Датчики и системы, 2007, №12.
 6. Крысин Ю.М. Об основных постулатах теории измерений // Инф. - измерительн. техника. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 30, Пенза, 2006.
 7. Свириденко В.М. Логико-гносеологический аспект проблемы точности измерения// Измерительная техника, 1971, № 5.
 8. Селиванов М.Н. Формирование системы основных понятий метрологии / Российская метрологическая энциклопедия // Под ред. Ю.В. Тарбеева – СПб: Лики России, 2001.
 9. Степин В.И. Системность теоретических моделей и операции их построения // Философия науки. - Вып. 1: Проблемы рациональности - М., 1995.
 10. Тарбеев Ю.В., Александров В.С., Довбета А.И., Сирая Т.Н. Современные проблемы теоретической

метрологии // Итоги науки и техники. Сер. «Метрология и измерительная техника». – М.: ВНИИТИ, 1991.

11. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.1. – М: Наука, 1969.
12. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. Врожденные структуры познания в контексте биологии,

психологии, лингвистики, философии и теории науки. – М: Русский двор, 1998.

13. Цветков Э.И. Основы математической метрологии. – СПб.: Политехника, 2005.
14. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.1. Общая теория измерений. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Баштанник Николай Андреевич

кандидат технических наук, доцент, Филиал Астраханского Государственного Университета, г. Знаменск, Астраханской обл.

ESTIMATION OF ACCURACY CHARACTERISTICS TESTED IN RADAR STATION IN VIEW OF INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS

Bashtannik Nikolay, Candidate of Science, assistant professor Astrakhan State University, Astrakhan

АННОТАЦИЯ

В статье предложен метод оценки точностных характеристик испытываемых перспективных РЛС в сложных метеословиях.

Ключевые слова: радиолокационная станция; рефракция; тропосфера.

ABSTRACT

In article the method of an estimation characteristics of accuracy tested perspective in radar station in complex meteorological conditions is offered.

Key words: a radar station; a refraction; troposphere.

Явление рефракции, то есть искривления траектории распространения радиоволн в тропосфере, связано с изменением относительной диэлектрической проницаемости и коэффициента преломления воздуха при увеличении высоты относительно поверхности Земли.

Диэлектрическая проницаемость воздуха зависит от атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. При нормальном атмосферном давлении ($p \approx 1015$ мб), температуре $t = 18^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $S = 70\%$ диэлектрическая проницаемость воздуха составляет 1,000676. С увеличением высоты атмосферное давление, температура и влажность воздуха изменяются, что ведет к изменению диэлектрической проницаемости и коэффициента преломления воздуха. Несмотря на то, что абсолютное изменение диэлектрической проницаемости крайне незначительно, этого достаточно для того, чтобы траектория пологих лучей заметно отклонилась от прямой.

Отклонение значения коэффициента преломления воздуха n от единицы определяется индексом рефракции N [1]:

$$n = 1 + N \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

Величина индекса рефракции связана с величинами давления, температуры и упругости водяных паров следующей эмпирической формулой [1]:

$$N = \frac{77,6}{T} \cdot \left(p + \frac{4810 \cdot e}{T} \right) \quad (2)$$

где

p – давление воздуха в мб (гПа);

T – абсолютная температура воздуха в Кельвинах ($T = t^\circ\text{C} + 273,155$);

e – упругость водяного пара (парциальное давление) в мб.

Величину e определяют из соотношения [1]:

$$e = \frac{E \cdot S}{100} \quad (\text{мб}) \quad (3)$$

где

E – давление водяных паров, насыщающее при заданной температуре пространство (определяется по таблице упругости паров воды, насыщающих пространство) в мб (гПа);

S – относительная влажность – отношение упругости пара, имеющегося в воздухе к упругости насыщающего пара, выраженное в процентах.

Учитывая, что условия распространения радиоволн определяются степенью неоднородности нижних слоев атмосферы, для определения индекса рефракции необходимо знать и учитывать зависимость от высоты атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. В большинстве действующих и испытываемых РЛС учета влияния погодных условий на изменение индекса рефракции не производится.

На основе понятия «эквивалентного радиуса Земли», позволяющего упростить расчет высоты полета цели в условиях тропосферной рефракции, сам расчет выполняется по формуле:

$$H = D \cdot \sin \varepsilon + \frac{D^2}{2 \cdot R \cdot K} \quad (4)$$

где

D – наклонная дальность до цели;

ε – угол места цели;

R – радиус Земли ($R = 6371$ км).

K – коэффициент рефракции.

Коэффициент рефракции численно равен отношению эквивалентного радиуса Земли к радиусу Земли. В принятой для расчетов модели атмосферы величина K

определена для состояния, называемого «нормальной атмосферной рефракцией», величиной постоянной и равной $4/3$ для любой погоды и любого времени года и суток. Такой выбор соответствует «линейной модели» тропосферы, считающей, что индекс рефракции с увеличением высоты цели над поверхностью Земли линейно убывает.

Результатом такого подхода к учету явления рефракции радиоволн при определении высоты полета цели является наличие системной ошибки в измерении этого параметра, которая для высот выше 5 км начинает резко возрастать. Расчеты показывают, что на дальностях 300÷350 км системная ошибка в измерении высоты достигает 1,5 и более километров.

Видится целесообразным в ходе проведения испытаний РЛС использовать для расчетов более реалистичную «экспоненциальную модель» тропосферы, рекомендуемую МККР [2]. Это позволит: во-первых, уменьшить величину системной ошибки при вычислении высоты и, во-вторых, использовать реальную информацию о погодных условиях, влияющих на величину индекса рефракции.

Расчеты, выполненные в рамках инициативной НИР, с использованием метеоданных за 2006 год для дневного времени суток показали, что пересчитанные значения высот, полученные в ходе облетов РЛС, дают расхождения с эталонными значениями (данными от системы GPS) не превышающие 20÷30 м. [3].

Статистический анализ изменения величины индекса рефракции у поверхности Земли в дневное время за 2006 год показал:

- с 08.00 до 18.00 часов параметр N_0 принимал значения $315,5 \pm 13$ с вероятностью 0,71;
- в утренние часы (08.00) – значения 321 ± 12 с вероятностью 0,75;
- в обеденное время (12.00) – значения 314 ± 12 с вероятностью 0,70;
- в вечернее время (18.00) – значения 311 ± 13 с вероятностью 0,72.

Были вычислены для дневного времени суток средние значения индекса рефракции и определены интервалы его изменения по сезонам года:

- зимой параметр N_0 принимал значения $316,6 \pm 4,7$ с вероятностью 0,70;
- весной – значения $311 \pm 11,7$ с вероятностью 0,69;
- летом – значения $306,8 \pm 17,8$ с вероятностью 0,70;

- осенью – значения $315,1 \pm 12,8$ с вероятностью 0,70.

Таким образом, наименьшее значение интервала разброса значений параметра N_0 в пределах среднеквадратического отклонения (СКО) вокруг средне сезонного значения оказалось для зимы и наибольшим – для лета. Для весны и осени эти значения примерно одинаковы, однако, средне сезонное значение параметра N_0 для осени выше, чем для весны.

Систематическая ошибка в вычислении высоты, связанная с применением для учета явления рефракции «линейной модели» тропосферы, может быть оценена с помощью формулы:

$$\Delta H = \frac{D^2}{2R} \cdot \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{k} \right)_{(км)} \quad (5)$$

Если цель находится на дальности 300 км и высоте 10 км, то эта ошибка для различных погодных условий может составлять:

- в утренние часы (08.00) – 1201 ± 1325 м;
- в обеденное время (12.00) – 1199 ± 1324 м;
- в вечернее время (18.00) – 1208 ± 1328 м.

Увеличение дальности до 350 км для тех же погодных условий приведет к возрастанию системной ошибки определения высоты полета цели до 1632 ± 1807 м.

Использование для подобных расчетов «экспоненциальной модели» тропосферы позволяет снизить величину системной ошибки при дальности 300 км и $H=10$ км до значения $\Delta H = 117$ м, а в 70% случаев до 21 ± 25 м.

Литература

1. Бартон Д., Вард Г. Справочник по радиолокационным измерениям. Москва. «Советское радио». 1976.
2. Бориско С.Н., Королев М.Р., Лобейко В.И. Оценка адекватности имитационного моделирования на основе элементов теории нечётких множеств. //Межвузовский сборник научных статей «Известия Волгоградского Государственного технического университета» № 9 (82) ВолГТУ. Волгоград: ИУНЛ 2011. С. 10-13.
3. Лобейко В.И. Современные подходы к организации испытаний сложных систем. Издательский дом «Астраханский университет». Астрахань. 2006. 367с.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бекжигитова Куляш Аскарбековна

кандидат технических наук, заведующая кафедрой, Южно-Казахстанский Государственный Университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент

Мирзаев Айбек Абдукаримович

кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанский Государственный Университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент

Абдулова Эльмира Нуриддиновна

старший преподаватель, Южно-Казахстанский Государственный Университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент

Атаханова Насиба Абдрашидовна

Магистрант, Южно-Казахстанский Государственный Университет имени М.Ауэзова, г.Шымкент

*STUDY OF THE SORPTION PROPERTIES OF THE NANOSTRUCTURED CARBON MATERIALS**Bekzhigitova Kulyash Askarbekovna, candidate of engineering sciences, head a department South-Kazakhstan State University of the name M.Ayezova, Shimkent c.**Mirzaev Aibek Abdukarimovich, candidate of engineering sciences, associate professor South-Kazakhstan State University of the name M.Ayezova, Shimkent c.**Abdulova Elmira Nuriddinovna, Senior lecturer, South-Kazakhstan State University of the name M.Ayezova, Shimkent c.**Atakhanova Nasiba Abdrashidovna, magistr, South-Kazakhstan State University of the name M.Ayezova, Shimkent c.***АННОТАЦИЯ**

Получение угольных сорбентов из сельскохозяйственных твердых отходов является актуальной проблемой. В работе рассматриваются вопросы получения наноструктурированных углеродных материалов из скорлупы грецкого ореха и использования сорбентов для сорбции меди и золота из водных растворов. Изучены оптимальные условия карбонизации и активации углеродных материалов.

ABSTRACT

A receipt of coal sorbents from hard agrowastes is the issue of the day. The questions of receipt of the nanostructured carbon materials are in-process examined from the shell of walnut and use of sorbents for the persorption of copper and gold from water solutions. The optimal terms of carbonating and of activating carbon are studied.

*Ключевые слова: сорбент, активация, карбонизация, пиролиз, активированный уголь, углеродный материал.
Keywords: sorbent, activation, carbonation, pyrolysis, coal, carbon materials.*

Введение

Основным сырьем для промышленного получения активных углей являются ископаемые угли, древесные опилки, торф, полимерные материалы, скорлупа орехов, фруктовые косточки и другие сельскохозяйственные растительные отходы.

Формирование пористой структуры угольных сорбентов проводят в результате их окисления при высоких температурах различными по химической природе активными агентами. При этом в результате выгорания части углерода происходит увеличение имеющихся и образованию новых пор, слияние двух или нескольких пор в одну, изменение их поверхности и объема, термическое сжатие отдельных угольных частиц - микрокристаллитов [1]. Практикуют химическую и физическую активацию карбонизованных материалов. Химическую активацию проводят в присутствии таких химических реагентов, как сернистый калий, фосфорная и серная кислоты, хлористый цинк и т.п. [2]. Физическую активацию осуществляют в присутствии газообразных окислителей, в качестве которых наиболее часто используют пары воды, диоксид углерода либо кислород. В общем случае глубина активации определяется режимом реализации процесса.

Активированные угли с высокоразвитой удельной поверхностью широко используются в различных отраслях промышленности для разделения, очистки жидкостей и газов, удаления токсичных веществ, а также использования в качестве катализаторов. Разработка углеродных материалов с такими свойствами как высокая удельная поверхность, имеющих необходимое распределение пор по размерам, полученных при невысоких температурах из недорогих и экологических продуктов, является актуальной проблемой для промышленности, сельского хозяйства.

Методика эксперимента

В работе была проведена серия экспериментов по физической и химической активации образцов скорлупы грецкого ореха (СГО). Физическую активацию образцов

СГО проводили во вращающемся, выполненном из нержавеющей стали реакторе объемом 0,5 дм³, со скоростью 1 оборотов в минуту. В качестве активирующего агента был выбран газообразный азот, который подавался с помощью барботера в зону реакции со скоростью 100 см³/мин. Карбонизация проводилась в горизонтальной пиролизической установке с регулируемым электронагревом (рисунок №1) в диапазоне температур от 350 до 700°C, продолжительность карбонизации 2 часа после выхода на заданную температуру. Для проведения эксперимента скорлупу грецкого ореха дробили, выделяя рассевом из продуктов дробления рабочую фракцию с диаметром 2- 4 мм.

Химическую активацию образцов СГО проводили с использованием ортофосфорной кислоты (80%) и карбонатом калия (75%). Часть образцов СГО пропитывали 75% ортофосфорной кислотой в различных соотношениях и предкарбонизовывали при 120°C, в течение 12 часов. Потом опять карбонизовывали при температуре 450°C. Следующим этапом экспериментальной работы была отмывка полученных образцов от остатков фосфорной кислоты с помощью декантации дистиллированной водой до pH~7. Последующую функционализацию образцов проводили кислородсодержащими поверхностными группами путем окисления активированного углеродного сорбента, находящегося под вакуумом в подогретой колбе 50% соляной и азотной, концентрированной азотной кислотой.

А вторую часть образцов активировали 75% карбонатом калия в течение суток. Потом опять карбонизовывали при температуре 700°C. Карбонизованные образцы СГО отмывались от остатков карбоната кипячением в дистиллированной воде до нейтральной реакции pH.

В работе были получены снимки сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Исследования проводились на микроскопе Quanta 3D 200i (CEI, США) с ускоряющим напряжением 30 кВ. Для исследований образцы закрепляли на медном держателе с помощью проводящего клея или скотча.

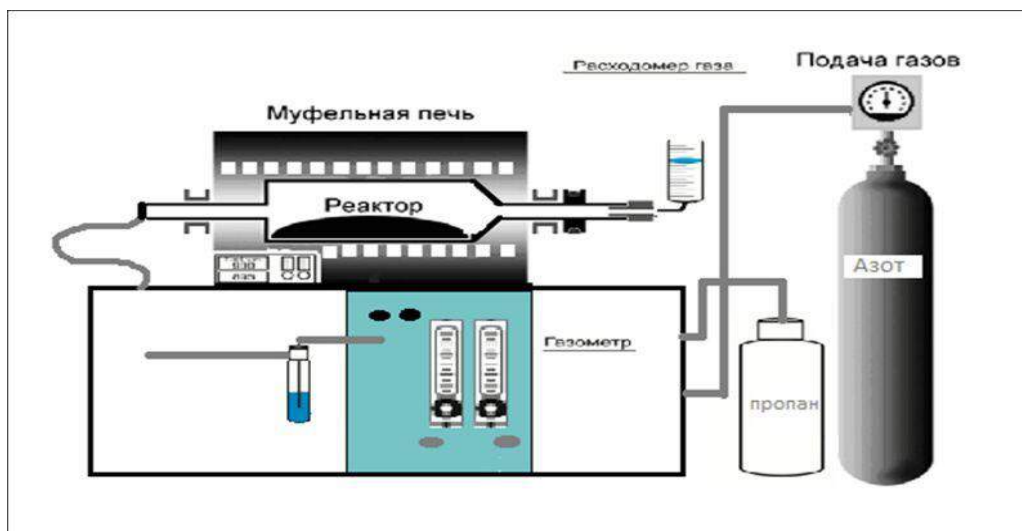


Рисунок 1. Установка для карбонизации растительного сырья

Результаты и обсуждения

СЭМ-исследования структур карбонизованных материалов показали, что исходные образцы имеют структуру с различной толщиной стенок и размерами пор. При активировании скорлупы грецкого ореха на стенках образуются полые трубки пористой структуры. Общий вид, полученных снимков доказывает, что в результате карбонизации увеличивается их пористость, а также возможность увеличения сорбции различных катионов металлов на границе раздела зерен сорбента, за счет наличия различных краевых дефектов и дислокаций на поверхности, в результате которых, по всей видимости, резко снижается энергия активации различных реакций хемосорбции. При этом морфология материала не изменяется, и поверхностная структура остается плотной.

Снимки полученных образцов, сделанные с помощью сканирующей электронной микроскопии в разных оптических разрешениях, показаны на рисунках 2,3 (а,б).

Исследование изменений степени обгара полученных углеродных материалов от времени карбонизации, показало низкое влияние продолжительности пиролиза на конечный выход желаемого продукта. Так, например, увеличение продолжительности термообработки с одного часа до двух уменьшает выход конечного продукта в пределах ~1,5 %. В то же время увеличение температуры карбонизации существенно снижает выход карбонизатов, однако при этом одновременно существенно увеличивается процентное содержание углерода.

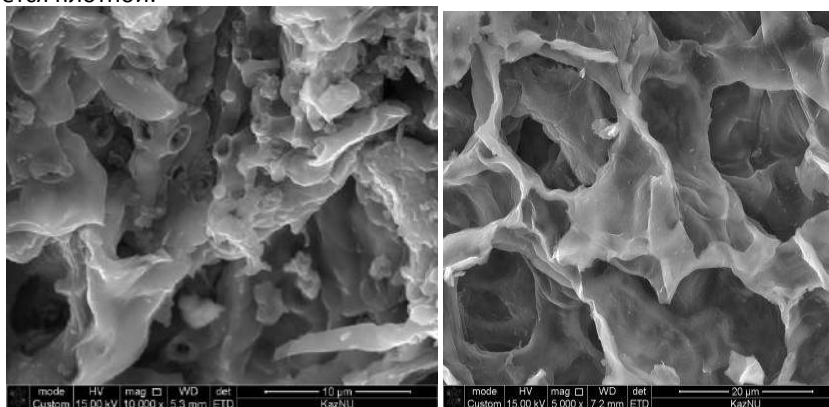


Рисунок 2. Образцы, полученные активацией в присутствии H_3PO_4

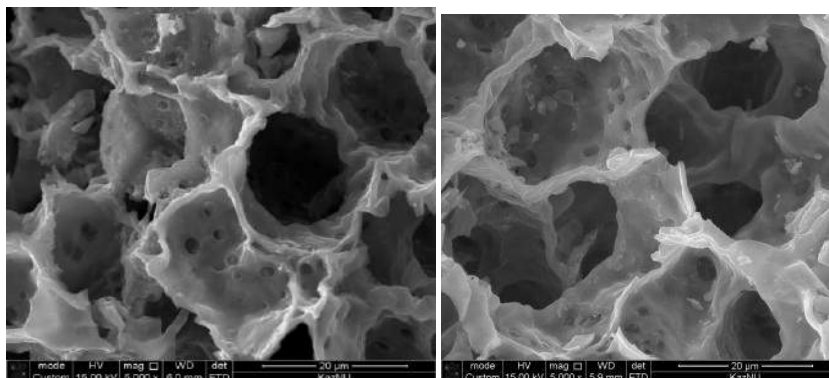
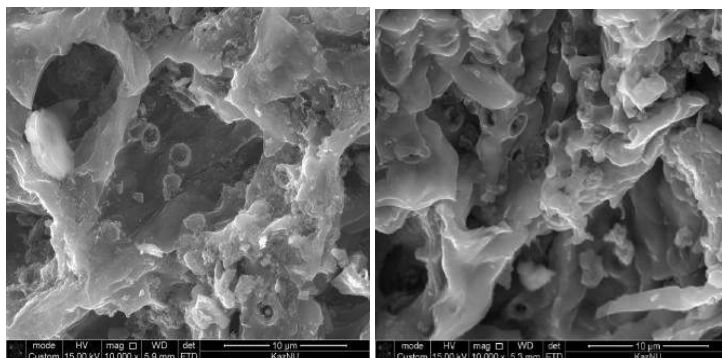
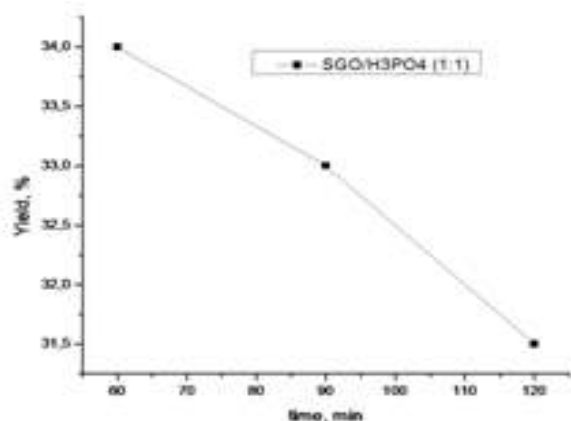
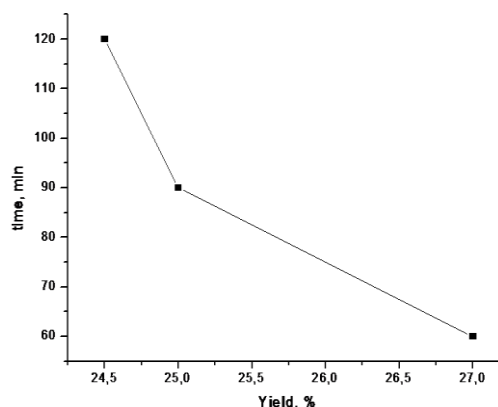


Рисунок 3 (а). Образцы, полученные активацией в присутствии H_3PO_4 , 50% соляной и азотной, концентрированной азотной кислотой

Рисунок 3 (б). Образцы, полученные активацией в присутствии K_2CO_3 

А

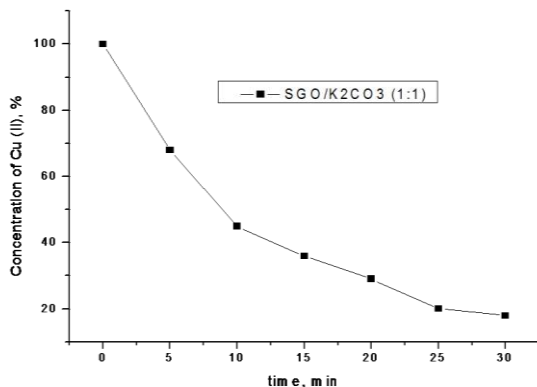


б

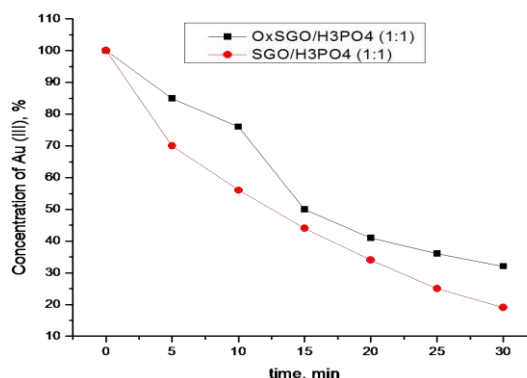
Рисунок 4 (а,б). Зависимость выхода продукта от время карбонизации

Изучали динамическую емкость сорбентов СГО, т.е. емкость до проскока ионов меди через адсорбционную колонку. Скорость пропускания раствора меди и золота с

концентрацией 30 мг/л составляла 5 мл/мин, количество взятого сорбента - 2г (рисунок 5(а,б)).



а



б

Рисунок 5 (а,б). Кинетические кривые сорбции меди и золота на сорбентах

Выводы:

Активация карбонизатов скорлупы грецкого ореха целесообразна до степеней обгаров не превышающих 50 %, что позволяет формирование развитой полимодальной пористой структуры адсорбентов с хорошо развитой пористой поверхностью, имеющую структурно-упорядочные признаки структуры, необходимые для успешной сорбции тяжелых и благородных металлов.

Литература

1. Ануров С.А., Анурова Т.В., Клушин В.Н. Получение углеродных адсорбентов из растительных отходов

(карбонизация сырья). Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ», выпуск №17 от 2011 года

2. Мансуров З.А., Шабанова Т.А., Мофа Н.Н. Синтез и технологии наноструктурированных материалов. - Алматы: Қазақ университеті, 2012. - 316с
3. Мансурова З.А. Углеродные наноструктурированные материалы на основе растительного сырья. - Алматы: Қазақ университеті, 2010. -301с

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бобрик Анастасия Геннадьевна

аспирант, Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск

Халтурина Тамара Ивановна

кандидат химических наук, профессор, Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск

STUDY OF THE PROCESSES OF NEUTRALIZATION OF CHROMIC WASTEWATER FOR ELECTROPLATING INDUSTRY

Bobrik Anastasiya Gennadyevna, post graduate, Siberian Federal University, c. Krasnoyarsk

Khalturina Tamara Ivanovna, Ph.D.in Chemical sciences, a professor Siberian Federal University, c. Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

Цель работы: Исследования технологий обезвреживания хромсодержащих стоков с учетом региональных условий. Представлены результаты исследований при планировании эксперимента по реагентной обработке, электрокоагуляции и гальванокоагуляции для определения оптимальных режимов. Показаны данные по составу и структуре образующихся осадков. Методы исследования: рентгенофазовый анализ осадка, термогравиметрический анализ, а также методы математической статистики с использованием пакетов прикладных программ таких как MatLab и SciLAB.

ABSTRACT

Objective: Technology research neutralization chromium wastewater, taking into account regional conditions. Presents the results of research when planning the experiment reagent treatment, electrocoagulation and galvanically to determine the optimal modes. Shows data on the composition and structure of the resulting precipitation. Research methods: x-ray phase analysis of sediment, thermogravimetric analysis, and methods of mathematical statistics using software packages such as MatLab and SciLAB.

Ключевые слова: электрокоагуляция; гальванокоагуляция; реагентный метод; углеродминеральный сорбент; хромсодержащие сточные воды; рентгенофазовый анализ; термогравиметрический анализ; состав и структура осадка.

Keywords: electrocoagulation; galvanocoagulation; chemical method; carbonaceous mineral sorbent; chromic wastewater; x-ray phase analysis; thermogravimetric analysis; the composition and the structure of the sediment.

подавляющее большинство металлообрабатывающих предприятий в своем составе имеют гальванические цеха или технологические участки нанесения гальванопокрытий. Гальваническое производство является одним из экологически опасных, влияющих на загрязнение окружающей природной среды.

Необходимость извлечения хрома из отработанных электролитов и промывных сточных вод обусловлена и экологическими, и экономическими аспектами, что и определяет актуальность данной работы.

Из анализа современного состояния технологий обработки сточных вод гальванического производства следует, что наиболее перспективными являются методы локальной очистки гальваностоков. Для обезвреживания продолжают использовать реагентную обработку [1].

Для изучения процесса реагентного обезвреживания хромсодержащих сточных вод и получения математической модели для последующей оптимизации были проведены исследования с помощью планирования эксперимента по методу Бокса-Хантера [2], что позволило получить уравнения регрессии, адекватность которых, проверялась по критерию Фишера:

$$\begin{aligned} \hat{y}_1 &= 3,024 + 2,9X_1 + 0,867X_2 - 1,301X_3 + 0,86X_1X_2 - 0,0975\tilde{O}_1\tilde{O}_3 + 0,5915\tilde{O}_2\tilde{O}_3 + \\ &\quad + 0,61X_1^2 + 0,65X_2^2 + 0,34X_3^2; \\ \hat{y}_2 &= 7,01 + 0,71X_3 - 1,46X_1X_2 - 0,58\tilde{O}_2^2 - 0,87\tilde{O}_3^2, \end{aligned}$$

где X_1 - исходная концентрация ионов Cr^{6+} в стоках, мг/дм³; X_2 - pH_{исх}; X_3 - доза реагента восстановителя, мг/дм³. Оценочными критериями являлись: U_1 - остаточная концентрация ионов Cr^{6+} , мг/дм³; U_2 - объем осадка, %.

По полученным уравнениям регрессии была проведена оптимизация диссоциативно – шаговым методом. Анализ осуществлялся на основе многофакторной квадратичной модели. Ранжируя значения параметров выхода U_1 , U_2 были получены регулировочные диаграммы, позволяющие определить области совместной оптимальности.

Установлено, что с увеличением исходной концентрации ионов хрома в обрабатываемой воде, область совместной оптимальности смещается в сторону больших значений доз реагентов и меньшей величины pH [3].

Учитывая региональные условия, была изучена возможность использования отходов предприятий для очистки хромстоков, в частности гранулированного металлургического шлака никелевого производства Норильского ГМК. При обработке металлургического шлака кислотой, образуется раствор, являющийся смешанным коагулянт, содержащий ионы Fe^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} и активную кремниевую кислоту. Результаты исследований по обра-

ботке хромсодержащих стоков раствором реагента, позволили определить его оптимальную дозу, которая составляет 3,5 мг на 1 мг шестивалентного хрома, что значительно меньше, чем для товарного $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Это связано с тем, что смешанный реагент обладает более эффективными коагулирующими свойствами, позволяющими заметно снизить чувствительность процесса коагуляции к солевому составу и расширить зоны коагуляции.

Для анализа химического состава осадка был применен наряду с дифференциальной сканирующей кало-

риметрией (ДСК), термогравиметрический метод (ТГ). Исследования проводились на приборе NETZSCH STA 449F1 в режиме: ДСК-ТГ, в атмосфере Ar , в диапазоне 30/20.0 (К/мин)/1000, при использовании программного обеспечения NETZSCH Proteus. Термограмма представлена на рисунке 1, в виде кривых: ТГ - термовесовой (%), ДТГ - дифференциально-термогравиметрической, (%/мин) и ДСК - дифференциальной сканирующей калориметрии, (мкВ/мг).

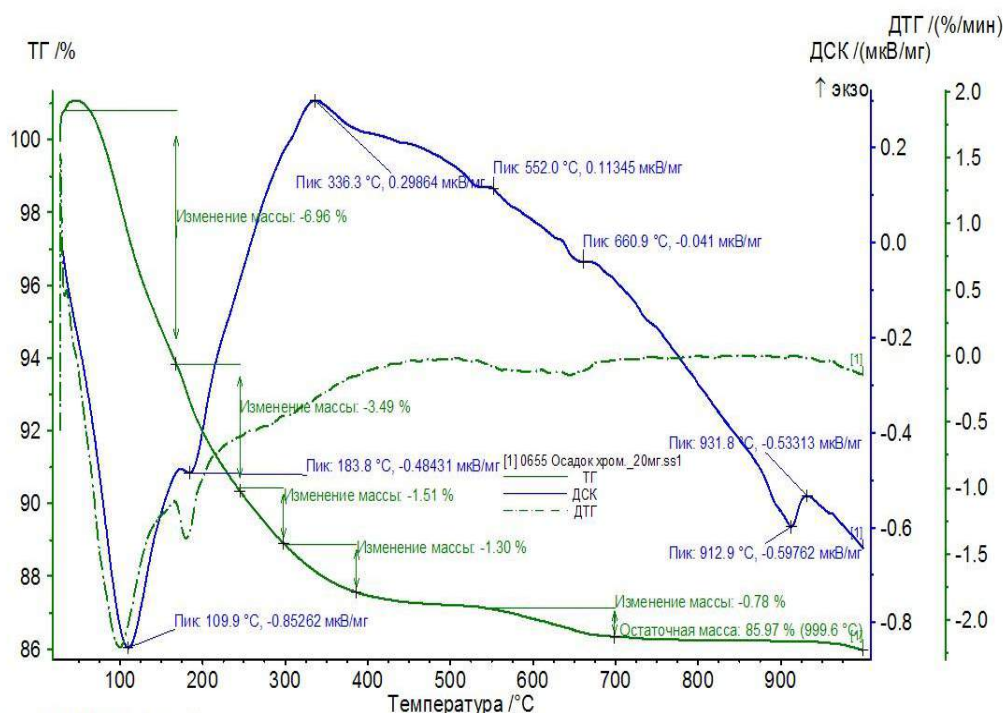


Рисунок 1. Термограмма осадка

Из термограммы видно, что при $t = 109^\circ\text{C}$ эндозффект объясняется дегидратацией. Термоэффект при $t = 183,8^\circ\text{C}$ характерен как для кристобалита ($\alpha - \text{SiO}_2$), а также и для гетита ($\alpha - \text{FeOON}$). Экзоэффект при $t = 336,3^\circ\text{C}$ связан с дегидратацией гетита и переходом его в магнетит, при этом возможно образование промежуточного продукта $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - бемита и мало гидратированного $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, при дальнейшем увеличении температуры $t = 552,0^\circ\text{C}$, $t = 660,9^\circ\text{C}$ наблюдаются полиморфные превращения $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ в $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$, а также возможно выделение конституционной воды, образование $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ и феррита хрома $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$. Пик при $t = 912,9^\circ\text{C}$ объясняется наличием в образце магнетита $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ [4].

По данным исследований установлено, что основной химический состав осадка представлен магнитовосприимчивыми формами железа, которые имеют высокую внутреннюю и поверхностную энергию, а, следовательно, сорбционную и ионообменную способность, что и объясняет большую эффективность процесса очистки по сравнению с обработкой стоков товарным реагентом.

Недостатком данного метода является повышенное солесодержание обработанной сточной жидкости и значительный расход реагентов.

Особое внимание для локальных установок обезвреживания хромсодержащих сточных вод уделяется электрокоагуляции с использованием растворимых железных анодов. Установки по реализации электрообработки компактны, высокопроизводительны и легко автоматизируются. [5, 6].

Для получения математической модели процесса электрообработки хромсодержащих стоков и изучения взаимосвязи основных параметров и их влияния также был проведен пятифакторный эксперимент по рототабельному плану Бокса-Хантера на модельной сточной жидкости, при этом величина pH корректировалась при подкислении раствором H_2SO_4 , для снятия пассивирующей пленки осуществлялось введение в очищаемый раствор депассивирующего реагента NaCl .

При обработке данных эксперимента были получены уравнения регрессии:

$$\hat{Y}_1 = 0,709 + 10,85X_1 - 11,72X_2 - 3,82X_3 + 1,3X_4 - 10,73X_1X_2 - 5,18X_1X_3 +$$

$$+ 0,89X_1X_4 + 5,68X_2X_3 - 0,72X_3X_4 + 4,42X_4X_5 + 3,61X_1^2 + 4,66X_2^2 + 5,57X_3^2 - 0,42X_5^2;$$

$$\hat{Y}_2 = 7,54 + 3,2X_2 + 4,28X_3 + 2,02X_4 - 1,38X_5 + 1,48X_2X_3 + 1,3X_3X_4 + 0,78X_1^2 + 0,41X_3^2 - 0,83X_4^2 - 0,3X_5^2$$

где: X_1 – исходная концентрация Cr^{6+} в стоках, [мг/дм³]; X_2 – время контакта, [мин]; X_3 – плотность тока, [А/дм²]; X_4 – величина pH; X_5 – доза NaCl, [мг/дм³], Y_1 – остаточная концентрация Cr^{6+} , [мг/дм³]; Y_2 – удельный расход электроэнергии [кВтч/м³].

По уравнениям регрессии проведена оптимизация по методу Вознесенского [7] и построены диаграммы, позволяющие регулировать процесс электрообработки для проведения его в оптимальном режиме. Установлено, что при электрокоагуляционном обезвреживании сточных вод, содержащих ионы хрома в концентрациях, не превышающих 35 мг/дм³ следует проводить процесс при $i = 0,3 - 0,6$ А/дм², и времени контакта от 0,5 до 1,5 мин,

при этом удельный расход электроэнергии составляет от 1,0 до 2,0 кВтч/м³. Увеличение исходной концентрации приводит к смещению области совместной оптимальности в сторону увеличения времени контакта и уменьшения плотности тока, так для Cr^{6+} $C_{исх} = 95$ мг/дм³, оптимальные режимы $i = 0,2 - 0,35$ А/дм², $t_k = 3,5 - 4,5$ мин.

Состав и структура образующегося осадка были изучены с помощью рентгенофазового и термогравиметрического анализов [8].

Термограмма осадка снималась на приборе NETZSCH STA 449F1 в режиме: ДСК-ТГ, в атмосфере А₂, в диапазоне 30/20.0 (К/мин)/1000.

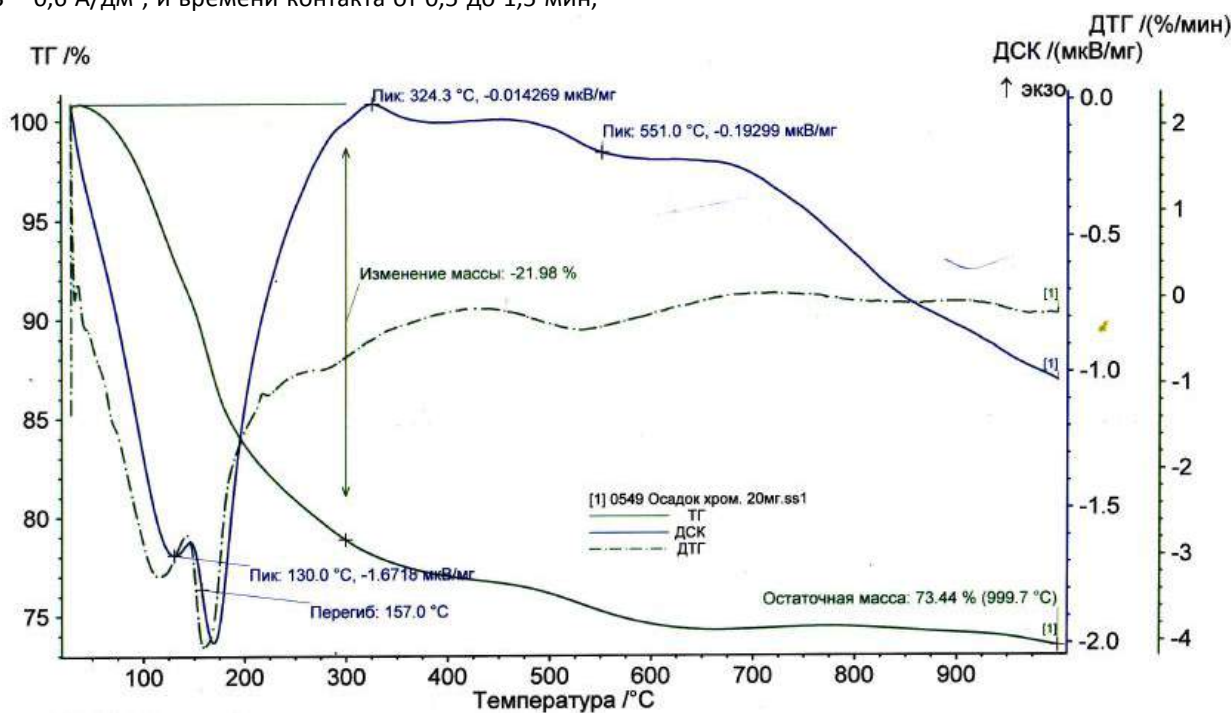


Рисунок 2. Термограмма осадка

На термограмме осадка (рис. 2) на кривой ДСК наблюдаются два эндотермических эффекта: $t = 130^{\circ}C$, $t = 170^{\circ}C$, относящихся к дегидратации гипса, первый эффект объясняется удалением 1,5 молекул воды, второй – оставшейся 0,5 молекулы воды. При этих эффектах ($CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$) масса образца уменьшается на 21,98 % (кривая ТГ). Экзотермический эффект при $t = 324,3^{\circ}C$ связан с полиморфным превращением $CaSO_4$. В этой же области возможно наложение термического эффекта, связанного с окислением FeO до Fe₂O₃. Термические эффекты при $t = 450^{\circ}C$ и $t = 550^{\circ}C$, свидетельствуют о наличии в образце гетита (α FeOOH), а при $t = 551^{\circ}C$ возможен переход Fe₃O₄ из ферромагнитного состояния в парамагнитное, термический эффект при $t = 700^{\circ}C$ указывает на наличие карбоната кальция.

Рентгеноструктурный анализ, проведенный на дифрактометре D8ADVANCE, фирмы Bruker, Германия) в Cu-K₂ – излучении, подтвердил данные по составу и структуре осадка, полученные термогравиметрическим методом.

Исследования химического и фазового состава осадка, образующегося при электрокоагуляционной обработке хромосодержащих сточных вод позволяют разработать технологию утилизации промышленных отходов, для решения проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

Однако, электрокоагуляционная обработка является энергоемкой и характеризуется необходимостью использования листового материала в качестве растворимых электродов, а применение ее в каждом конкретном случае должно быть обосновано.

Гальванокоагуляционный метод обезвреживания для сточных вод гальванического производства также известен [9].

Было проведено исследование технологического процесса гальванокоагуляции хромосодержащих сточных вод при использовании гальванопары Fe – углеродминеральный сорбент (СГН) (в соотношении 4:1) для определения оптимальных режимов и изучения состава и структуры образующегося осадка для последующей утилизации.

На основании исследований были определены области совместной оптимальности по выходным параметрам для данного вида стоков при использовании гальванопары Fe-СГН, которые расположены в интервалах: по величине pH = 1,5 – 2,5, и времени контакта от 12 до 25 мин. в зависимости от исходной концентрации ионов шестивалентного хрома в сточной жидкости.

Полученные результаты исследований были использованы для разработки технологической схемы очистных сооружений хромосодержащих сточных вод.

Список литературы

1. Урецкий Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий. Монография, Брест. из-во, -2007, с 396.
2. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.- М.:Высш.шк.,-1978, с 99-114.
3. Халтурина Т. И., Чурбакова О. В., Бобрик А. Г. Реагентная обработка хромсодержащих сточных вод. Вестник ИрГТУ. 2014. с. 128-133.
4. Иванова В. П., Касатов Б. П., Красавина Т. Н., Розина Е. Л. Термический анализ минералов и горных пород., «Недра», -1974, с 399.
5. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М.. Технология электрохимической очистки воды. – Стройиздат., -1987, с 232 – 237.
6. Зубарева, М.Н. Филиппева, М.И. Дегтев Г.И. Способы очистки сточных вод от соединений хрома (VI) // Экология и промышленность России. -2005.№2, с 30-33.
7. Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям. - М. Статистика, - 1978, с 192.
8. Халтурина Т. И., Чурбакова О. В., Бобрик А. Г. К вопросу электрохимического обезвреживания хромсодержащих сточных вод. Вестник ИрГТУ. 2014. с. 103-107.
9. Чантурия В.А., Соложенкин П.М. Гальванохимические методы очистки техногенных вод: Теория и практика. М.: ИКЦ «Академкнига». - 2005. –204с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ НА СИММЕТРИЧНОМ ОДНОРОДНОМ УЧАСТКЕ ТРЕХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Большанин Георгий Анатольевич

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск

Марьясова Екатерина Георгиевна

электроник центра информатизации, ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск

Большанина Елена Георгиевна

Студентка, ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», г. Братск

FORECASTING OF TENSION ON THE SYMMETRIC UNIFORM SITE OF A THREE-WIRE POWER LINE

Bolshanin Georgy Anatolyevich, Cand.Tech.Sci., associate professor FGBOU VPO "Brotherly state university", Bratsk
Maryasova Ekaterina Georgiyevna, electronic engineer of the center of informatization, FGBOU VPO "Brotherly state university", Bratsk

Bolshanina Elena Georgiyevna, student, FGBOU VPO "Brotherly state university", Bratsk

АННОТАЦИЯ

Сформулированы условия симметрии однородного участка трехфазной линии электропередачи (ЛЭП) трехпроводного исполнения. Представлен общий вид законов распределения фазных напряжений вдоль этого участка. Показано, что прогнозирование величин напряжений и токов возможно лишь при известных численных значениях постоянных интегрирования, которые определяются на основании схемы распределения амплитудных значений волн напряжения вдоль анализируемого участка.

ABSTRACT

Conditions of symmetry of a uniform site of a three-phase power line (high voltage line) of three-wire execution are formulated. The general view of laws of distribution of phase tension along this site is presented. It is shown that forecasting of sizes of tension and currents possibly only at known numerical values of constants of integration which are defined on the basis of the scheme of distribution of amplitude values of waves of tension along the analyzed site.

Ключевые слова: фазные напряжения, линейные токи, однородный участок, трехпроводная линия электропередачи, постоянные интегрирования, падающая и отраженная волна напряжения, гармоническая составляющая, сопротивление, проводимость.

Keywords: the phase tension, linear currents, a uniform site, the three-wire power line, integration constants falling and the reflected tension wave, a harmonious component, resistance, conductivity.

Введение

Передача электрической энергии от источника к потребителю осуществляется, в основном, линиями электропередачи высокого напряжения трехфазного трехпроводного исполнения. Для обеспечения качественного и надежного электроснабжения в процессе эксплуатации ЛЭП необходимо контролировать распределение основных характеристик электрической энергии вдоль действующих линий электропередачи [1, 2, 4- 9].

Постановка задачи

Симметричным однородным участком линии электропередачи (ЛЭП) трехфазного трехпроводного исполне-

ния можно назвать в случае абсолютного равенства продольных и соответствующих поперечных параметров каждого линейного провода между собой. Условия симметрии анализируемого участка ЛЭП обеспечиваются следующими равенствами:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_{0A0n} &= \underline{Y}_{0B0n} = \underline{Y}_{0C0n} = \underline{Y}_{0F0n}; \\ \underline{Y}_{0ABn} &= \underline{Y}_{0BCn} = \underline{Y}_{0CAn} = \underline{Y}_{0Ln}; \\ \underline{Z}_{0An} &= \underline{Z}_{0Bn} = \underline{Z}_{0Cn} = \underline{Z}_{0Fn}; \\ \underline{Z}_{0ABn} &= \underline{Z}_{0BCn} = \underline{Z}_{0CAn} = \underline{Z}_{0Mn}, \end{aligned} \right\}$$

где \underline{Y}_{0A0n} , \underline{Y}_{0B0n} , \underline{Y}_{0C0n} и \underline{Y}_{0F0n} – полные проводимости между линейными проводами и «землей» на частоте n -ой гармонической составляющей; \underline{Y}_{0ABn} , \underline{Y}_{0BCn} , \underline{Y}_{0CAn} и \underline{Y}_{0Ln} – полные проводимости между линейными проводами на частоте n -ой гармонической составляющей; \underline{Z}_{0An} , \underline{Z}_{0Bn} , \underline{Z}_{0Cn} и \underline{Z}_{0Fn} – полные сопротивления линейных проводов на частоте n -ой гармонической составляющей; \underline{Z}_{0ABn} , \underline{Z}_{0BCn} , \underline{Z}_{0CAn} и

\underline{Z}_{0Mn} – взаимные сопротивления между линейными проводами на частоте n -ой гармонической составляющей.

Симметрия параметров анализируемого однородного участка ЛЭП вовсе не означает, что напряжения и токи в линейных проводах исследуемой линии электропередачи тоже одинаковы по величине.

Общий вид распределения фазных напряжений на частоте n -ой гармонической составляющей по однородному участку трехпроводной ЛЭП таков [5]:

$$\dot{U}_{An} = \frac{1}{3} (A_{A1n} e^{\gamma_{1n} l} + A_{A2n} e^{-\gamma_{1n} l} + A_{A3n} e^{\gamma_{2n} l} + A_{A4n} e^{-\gamma_{2n} l} + A_{A5n} e^{\gamma_{3n} l} + A_{A6n} e^{-\gamma_{3n} l}); \quad (1)$$

$$\dot{U}_{Bn} = \frac{1}{3} (A_{B1n} e^{\gamma_{1n} l} + A_{B2n} e^{-\gamma_{1n} l} + A_{B3n} e^{\gamma_{2n} l} + A_{B4n} e^{-\gamma_{2n} l} + A_{B5n} e^{\gamma_{3n} l} + A_{B6n} e^{-\gamma_{3n} l}); \quad (2)$$

$$\dot{U}_{Cn} = \frac{1}{3} (A_{C1n} e^{\gamma_{1n} l} + A_{C2n} e^{-\gamma_{1n} l} + A_{C3n} e^{\gamma_{2n} l} + A_{C4n} e^{-\gamma_{2n} l} + A_{C5n} e^{\gamma_{3n} l} + A_{C6n} e^{-\gamma_{3n} l}). \quad (3)$$

где A_{A1n} , A_{A2n} , A_{A3n} , A_{A4n} , A_{A5n} , A_{A6n} , A_{B1n} , A_{B2n} , A_{B3n} , A_{B4n} , A_{B5n} , A_{B6n} , A_{C1n} , A_{C2n} , A_{C3n} , A_{C4n} , A_{C5n} и A_{C6n} – постоянные интегрирования; γ_{1n} , γ_{2n} и γ_{3n} – постоянные распределения волн электромагнитного поля на частоте n -ой гармонической составляющей.

Равенства (1) – (3) свидетельствуют о том, что передача электрической энергии по симметричному участку трехфазной трехпроводной ЛЭП осуществляется тремя парами волн электромагнитного поля: тремя падающими и

тремя отраженными. Каждая пара волн электромагнитного поля характеризуется своей постоянной распространения [4-8].

Постоянные интегрирования A_{A2n} , A_{A4n} , A_{A6n} , A_{B2n} , A_{B4n} , A_{B6n} , A_{C2n} , A_{C4n} , и A_{C6n} в равенствах (1) – (3) характеризуют начальные действующие значения падающих волн фазных напряжений, а постоянные интегрирования A_{A1n} , A_{A3n} , A_{A5n} , A_{B1n} , A_{B3n} , A_{B5n} , A_{C1n} , A_{C3n} и A_{C5n} – начальные действующие значения отраженных волн этих же напряжений. Соотношения между этими постоянными интегрирования устанавливаются схемой распределения амплитудных значений пары волн напряжения, изображенной на рис. 1 [1, 2, 4, 5].

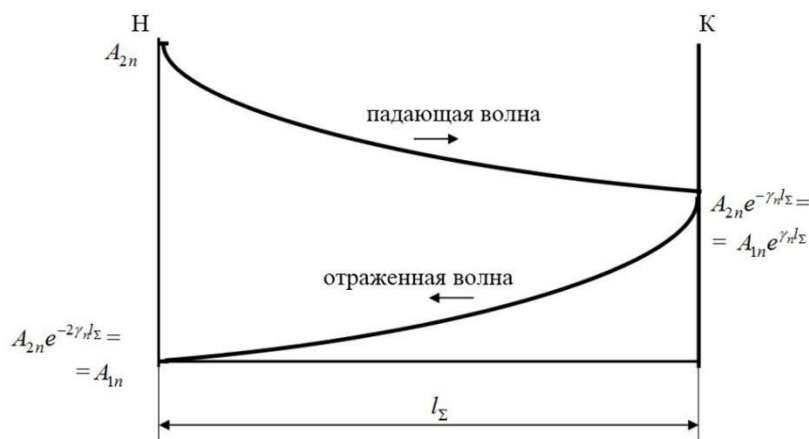


Рис. 1. Схема распределения амплитудных значений пары волн напряжения по линейному проводу ЛЭП

Полученные таким образом сведения о численных значениях постоянных интегрирования позволят, используя равенства типа (1), выполнить прогноз о величинах фазных напряжений в любом месте на симметричном однородном участке трехпроводной ЛЭП, отстоящем от его начала на расстоянии l .

На рис. 2 представлена графическая интерпретация распределения фазного напряжения вдоль однородного участка трехфазной ЛЭП-220 кВ трехпроводного исполнения протяженностью 200 км на частоте основной гармонической составляющей. Здесь видно, что распределение напряжения даже по такой сравнительно непротяженной ЛЭП имеет колебательный характер.

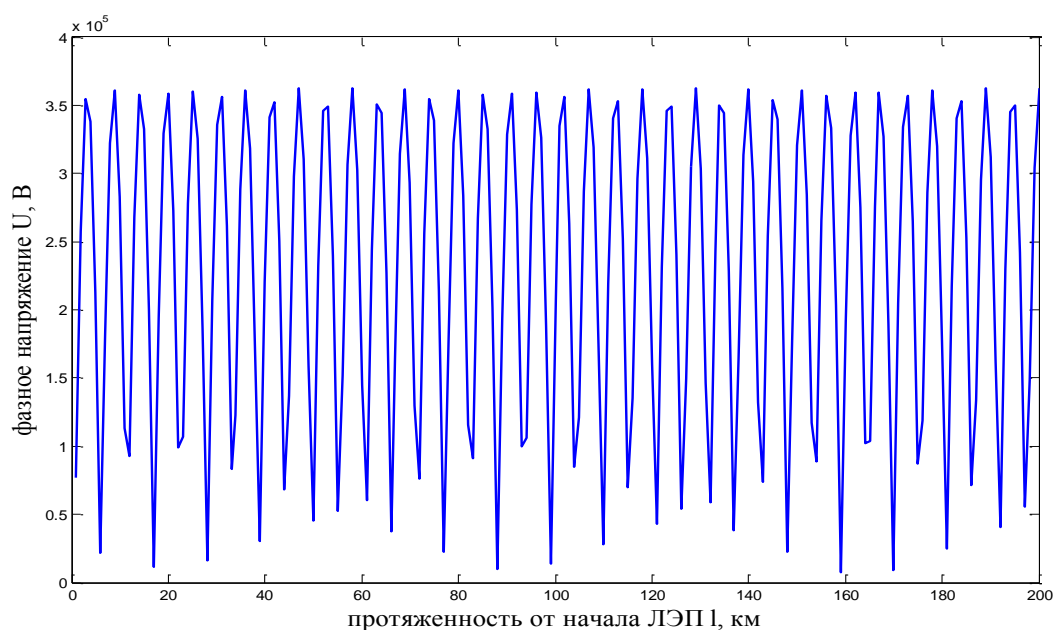


Рис. 2. Графическая интерпретация распределения фазного напряжения вдоль однородного участка трехпроводной ЛЭП-220 кВ на частоте основной гармонической составляющей

Длина волны основной гармонической составляющей электромагнитной волны, а, значит, и напряжения составляет 6000 км. Но это, если электромагнитное поле распространяется в вакууме. Распространяемая по линии электропередачи электромагнитная волна имеет гораздо меньшую длину и определяется коэффициентом фазы [2].

К тому же по каждому линейному проводу трехпроводной ЛЭП распространяется результирующая волна электромагнитного поля, являющаяся результатом сложения трех пар волн электромагнитного поля. Этот факт способствует сокращению длины результирующей волны электромагнитного поля, распространяемого по проводам трехпроводной ЛЭП, а, значит, и длины волны напряжения и тока.

В рассматриваемом примере затухание напряжения и тока на частоте основной гармонической практически отсутствует. Это объясняется малой величиной коэффициента затухания [2]. Но это только на частоте основной гармонической составляющей. На частоте 13-ой гармонической составляющей коэффициент затухания более ярко выражен, а потому затухание напряжения отмечается и визуально (рис. 3). Колебательный процесс напряжений на частоте 13-ой гармонической составляющей (рис. 3) несколько отличается от колебательного процесса напряжений на частоте основной гармонической составляющей (рис. 2). Это вызвано изменением фазовых сдвигов напряжения и тока с ростом частоты, а также сокращением длины волны электромагнитного поля и, как следствие, уменьшением периода колебаний.

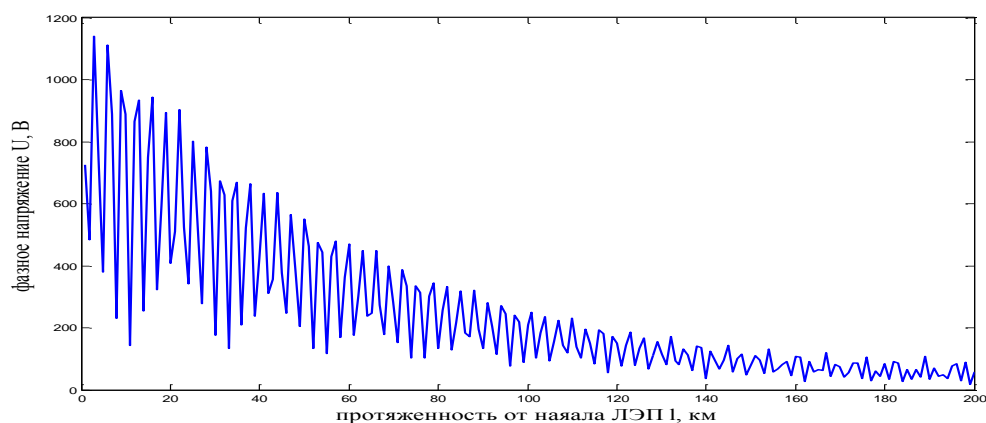


Рис. 3. Графическая интерпретация распределения фазного напряжения вдоль однородного участка трехпроводной ЛЭП-220 кВ на частоте 13-ой гармонической составляющей

Результаты

Предлагаемая методика прогнозирования величин напряжений реализуется на основании как равенств (1) – (3). Прогнозирование величин напряжений практически в любом месте линии электропередачи позволит существенно повысить надежность и качество электроснабжения промышленных и иных объектов.

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что присутствие симметричного участка ЛЭП, входящей в состав несимметричной электроэнергетической системы, не вносит существенных изменений в характер распределения напряжений и токов по участкам этой системы [3].

Список литературы

1. Большанин Г.А., Большанина Л.Ю., Марьясова Е.Г. Особенности распространения электрической энергии по многопроводным линиям электропередачи. // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. В 2 т. Братск: Изд-во БрГУ, 2011. Т.2. С. 38-43.
2. Большанин Г.А., Большанина Л.Ю. Особенности распространения электрической энергии по линии электропередачи. Братск: Изд-во БрГУ, 2011. 64 с.
3. Большанин Г.А., Большанина Л.Ю. Прогнозирование напряжений и токов на однородном участке трехпроводной ЛЭП Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2014. 138 с.
4. Большанин Г.А., Марьясова Е.Г. Характеристическое уравнение однородного участка трехфазной трехпроводной ЛЭП. // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 2. С.60-62.
5. Большанин Г.А. Распределение электрической энергии по участкам электроэнергетических систем. В 2-х кн. Братск: БрГУ, 2006. 807 с.
6. Большанин Г.А. Способ прогнозирования распределения гармонических составляющих электрической энергии по неразветвленным участкам электроэнергетической системы: Патент РФ №2210154, МКИ⁵ 7 Н 02 J 3/01. Братский государственный технический университет. №2001106402; Заявл. 06.03.2001; Опубл. 10.08.2003. Бюл. №22.
7. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения; учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 488 с.
8. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. Т. 2. Современная электроэнергетика. // Под ред. А.П. Бурмана, В.А. Строева. // Под общ. ред. Е.В. Аметистова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 632 с.
9. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. // Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов) – 9-е изд. стер. М.: Издательство МЭИ, 2004. 964 с.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ GERONTOLOGICAL CHANGES PROPELLANT CHARGE OF OFFSHORE SPECIAL PURPOSE VEHICLES

Новиков Владимир Витальевич

доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, г. Санкт-Петербург;

Володин Андрей Николаевич

кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры боевых средств флота, г. Севастополь

Больших Александр Александрович

адъюнкт Черноморского высшего военно-морского училища имени П.С. Нахимова

FORECASTING METHODOLOGY GERONTOLOGICAL CHANGES PROPELLANT CHARGE OF OFFSHORE SPECIAL PURPOSE VEHICLES

Novikov Vladimir Vitalyevich, doctor of technical sciences, professor, leading researcher, St. Petersburg;

Volodin Andrei Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of military funds fleet, Sevastopol

Bolshich Aleksandr Aleksandrovich, associate Blacksea higher naval school named P.S. Nakhimov

АННОТАЦИЯ

Разработанная методика позволяет надеется на практическую реализацию прогноза геронтологических изменений порохового заряда реактивного двигателя твердого топлива реактивных глубинных бомб, вызванные его длительным хранением.

ABSTRACT

The developed technique allows to hope for a practical realization of the forecast gerontological changes propellant charge of the rocket motor solid fuel jet depth bombs caused his long-term storage.

Ключевые слова: геронтологические изменения, прогнозирование, методика.

Key words: gerontological changes, forecasting, methodology.

Со временем пороховой заряд (ПЗ) морских аппаратов специального назначения (МА СП) теряет свою химическую стойкость и подвергается геронтологическим изменениям [10].

Геронтологические изменения ПЗ МА СП обуславливают существенные отклонения их баллистических характеристик.

В связи с этим возникает необходимость прогнозирования геронтологических изменений ПЗ МА СП.

Возможность оценивать геронтологические изменения пороховых зарядов серийных МА СП основывается на свойстве наблюдаемости. Данное свойство предпола-

гает, в первую очередь, возможность своевременной фиксации таких изменений средствами визуального контроля. С другой стороны, допускается возможность получения статистических данных достаточного объема для формирования достоверных оценок характеристик состояния изделий. Как правило, геронтологические изменения являются результатом взаимодействия двух процессов:

- физической деградации;
- случайного процесса изменения параметров внешней среды.

Под внешней средой обычно понимается совокупность электрических, электромагнитных, механических,

климатических и специальных факторов. Очевидно, что скорость физической деградации элементов устройств определяется основными параметрами внешней среды.

Таким образом, численные значения показателей геронтологии в принципе не являются абсолютными. Обычно они соответствуют некоторым усредненным параметрам внешней среды и физической деградации (старения). Эти значения закладываются в расчеты на этапе проектирования. В то время как условия реальной эксплуатации могут характеризоваться существенно отличными (от расчетных) параметрами внешней среды. В этом случае значения показателей геронтологии по данным эксплуатации могут значительно отличаться от расчетных.

Процесс изменения параметров в общем случае можно разложить на две составляющие [1]: под воздействием колебаний внешних факторов (обратимые явления) и необратимых изменений вследствие старения и износа. Процесс обратимых изменений является стационарным с интервалом корреляции, значительно меньшим интервала корреляции процесса необратимых изменений. Изменение параметров вследствие старения и износа является нестационарным процессом, как правило, медленным и монотонным. Таким образом, обратимые изменения могут рассматриваться как некоторая высокочастотная (по сравнению с необратимыми) составляющая случайного процесса дрейфа параметров. С учетом всех дестабилизирующих факторов случайный процесс дрейфа параметров можно аппроксимировать следующей зависимостью:

$$y(t) = \hat{y}(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $\hat{y}(t)$ - нестационарный случайный процесс необратимых изменений параметра;

$\varepsilon(t)$ - стационарный случайный процесс обратимых изменений параметра под воздействием внешних условий, оба этих процесса обычно полагают статистически независимыми.

Класс объектов, для которых справедлива модель вида (1) практически ничем не ограничен. Однако, принятие модели данного вида предполагает наличие в процессе $y(t)$ двух независимых компонент, влияние одной из которых пренебрежимо мало на больших интервалах времени и достаточно велико на малых промежутках. Это приводит к необходимости рассмотрения двух задач прогнозирования: прогнозирования обратимой компоненты и прогнозирования необратимого процесса. Прогнозирование обратимой компоненты имеет смысл на малых промежутках времени, когда ее влияние велико. В задаче прогнозирования геронтологических изменений ПЗ, где рассматриваются длительные интервалы времени, влияние обратимой компоненты пренебрежимо мало. Поэтому в решении задачи прогнозирования геронтологических изменений ПЗ обратимой компонентой можно пренебречь. На основе вышеизложенного модель вида (1) можно представить в следующем виде:

$$y(t) = A \cdot F(t), \quad (2)$$

где $A = \|a_{ij}\|_{i=1, j=1}^{n, m}$ - матрица случайных или неопределенных коэффициентов;

$F(t) = \{f_j(t)\}_{j=0}^m$ - набор непрерывных детерминированных функций времени.

Такое представление наиболее приемлемо и практически адекватно описывает любое поведение $y(t) \in Y(t)$. Представление вида (2) можно интерпретировать как разложение случайного процесса по детерминированному базису.

Для возможности прогнозирования геронтологических изменений порохового заряда МА СП проведен анализ основных классических методов прогноза:

- метод гарантированного прогноза;
- прогноз на основе минимаксного принципа;
- прогноз с использованием оптимальных фильтров.

Процедура прогнозирования геронтологических изменений ПЗ состоит в формировании по данным визуального контроля и априорной информации некоторого апостериорного случайного процесса и последующей оценке его характеристик [2]. Сформулированный апостериорный процесс отражает индивидуальные свойства технического объекта. Результат прогноза при этом дает оценку состояния, справедливую именно для данного конкретного объекта. С точки зрения условий, характеризующих состояние информационной базы при прогнозировании дрейфа параметров, решение задачи прогнозирования технического состояния можно рассматривать в двух аспектах:

- прогноз $y(t)$ в условиях полной априорной определенности;
- прогноз $y(t)$ при ограниченности исходных данных.

Применительно к модели $y(t)$ вида (2) полной информационной определенности соответствует ситуация, когда известны закон распределения случайных коэффициентов $\|a_{ij}\|$ и детерминированный базис $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$.

Под гарантированным прогнозом следует понимать определение состояния ПЗ в будущем на основе прошлых знаний без всякого домысливания и с гарантированной достоверностью. Другими словами, оценка состояния ПЗ не должна включать элементы, которые могут быть получены на основании гипотетических соображений. Индивидуальное прогнозирование всегда связано с определенными трудностями, основным источником которых является необходимость осуществления прогноза по единственной реализации процесса $y(t)$. Другим фактором, определяющим сложность прогнозирования, является незначительность априорных и апостериорных сведений относительно $y(t)$, в первую очередь, из-за непродолжительности наблюдений. Исследование случайных процессов, которыми и являются процессы изменения состояния ПЗ, требует привлечения большой совокупности статистических сведений. При недостатке этих сведений основным приемом восполнения недостающих данных является принятие некоторых гипотез. Для получения гарантированного результата прогноза это совершенно недопустимо, так как принятие тех или иных гипотез предполагает включение в состав вектора $y(t)$ гипотетических элементов.

На точность прогноза влияют и неопределенные погрешности модели прогнозируемого процесса, так как для ПЗ определить априори адекватную модель прогнозируемого процесса затруднительно. В результате, исходные данные в числе мешающих факторов содержат и ошибки модели. Эти ошибки нельзя рассматривать как случайные, поэтому с ними нельзя оперировать как со

случайными величинами. Решение задачи прогнозирования в таких условиях может привести к неоправданно оптимистическим результатам. На практике это совершенно недопустимо [3]. Если фактическое состояние ПЗ окажется хуже предсказанного, то конечная цель - обеспечение безотказности - может быть вообще не достигнута. Значительно меньшую опасность представляет получение пессимистических результатов оценок $y(t)$. Такие оценки могут быть получены с помощью минимаксных алгоритмов прогнозирования.

$$y(t) = a_0 + a_1 t, t \in T_p \setminus T, \quad (3)$$

где a_0, a_1 - неопределенные коэффициенты.

Применение минимаксного принципа расчета на «наихудший» случай может позволить преодолеть влияние мешающих факторов на качество оценок прогноза состояния ПЗ.

Принцип минимакса по сравнению с принятым в классической статистике принципом минимизации среднего риска, позволяет:

- решить задачу без привлечения каких бы то ни было допущений о стохастических свойствах прогнозируемого процесса;
- полностью использовать заданную исходную информацию;
- обеспечить гарантированную достоверность и точность результатов прогноза.

При всех достоинствах метода гарантированного прогнозирования он имеет очень существенный недостаток, а именно слишком велика максимально возможная ошибка в получаемой оценке параметра. Поэтому метод гарантированного прогноза возможно использовать на начальном этапе, когда недостаточно данных для использования других методов.

При решении задач прогнозирования изменения состояния в большинстве случаев ограничиваются определением линейных оценок прогнозируемого процесса [5, 6]. Такое предположение представляется допустимым ввиду наличия множества независимых факторов (случайных и неслучайных), под влиянием которых формируется реальный процесс эксплуатационных изменений параметров объекта [7, 8]. Кроме того, на практике обычно удается установить только некоторые моментные характеристики относительно $y(t)$, например математическое ожидание и дисперсию.

Таким образом, при решении задачи прогнозирования геронтологических изменений ПЗ можно ограничиться использованием линейных оптимальных фильтров, предназначенных для экстраполяции нестационарных последовательностей. Среди таких фильтров наиболее универсальным является фильтр Калмана-Бьюси [1]. Оценки, получаемые с помощью этого фильтра, оптимальные в среднеквадратическом смысле, то есть являются состоятельными, эффективными и несмещенными [1].

Методику прогнозирования можно представить в следующем виде:

1. На основании результатов двух измерений параметров производится гарантированный прогноз.

2. На основе расчетов гарантированного прогноза производится построение экстремальных полиномов $y(t)_+, y(t)_-$. При этом решается n одномерных задач, где n – число контролируемых параметров.
3. При проведении дополнительных измерений процедура повторяется, начиная с пункта 2. При этом данные предыдущих замеров накапливаются и используются для формирования исходной базы входных данных фильтра Калмана-Бьюси.
4. В момент пятого замера контролируемых метод гарантированного прогноза заменяется методом оптимальной фильтрации. При этом результаты предыдущих замеров используются для формирования исходной базы входных данных фильтра. Аппроксимация зависимости изменения параметра по времени осуществляется с использованием метода наименьших квадратов. При этом, что закон распределения вероятностей ошибок измерений неизвестен, однако предполагается их независимость и нулевое математическое ожидание.
5. Производится расчет оценки прогнозируемого параметра.
6. При проведении дополнительных измерений параметра данные контроля используются для корректуры матрицы передачи фильтра.
7. Далее действия по прогнозированию повторяются, начиная с пункта 4.

Список литературы

1. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений / С.А. Саркисян - М.: Высшая школа, 1977.- 351с.
2. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов - Учебник. - М.: Логос, 2001.-208с.
3. Абрамов О.В. Управление эксплуатацией систем ответственного назначения / О.В. Абрамов, А.Н. Розенбаум – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 200с.
4. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин - М.: Статистика, 1975.-184с.
5. Белоусов В.В. Математические основы теории систем / В.В. Белоусов – Учебное пособие. – Пермь, 2001. – 224с.
6. Розенбаум А.Н. Индивидуальное техническое обслуживание при ограниченности исходных данных / А.Н. Розенбаум - Владивосток: ДВО АН СССР, 1987.-135с.
7. Первой В.П. Теория и методы науки (сущность, особенности и структура научного познания) / В.П. Первой, Г.В. Шашурина - М.: Московская академия МВД РФ, 2000.-195с.
8. Савин Г.И. Системное моделирование сложных процессов / Г.И. Савин - М.: ФАЗИС, 2000.-276с.
9. Хахулин Г.В. Основы конструирования имитационных моделей / Г.В. Хахулин - учебное пособие. – М.: НПК Поток, 2001.-214с.
10. Анипко О.Б. Влияние длительности хранения боеприпасов на баллистические характеристики стрелкового оружия / О.Б. Анипко, Д.С. Баулин, И.Ю. Бирюков / Интегрированные технологии и энергосбережение. Х.: Изд-во НТУ “ХПИ”, 2007. – №2, С. 97-100.

STUDY OF NOISE AND INTERFERENCE OF SURFACE ELECTROMYOGRAPHY SIGNAL AND WAVELET DENOISING

Vladimir Bonilla

Postgraduate student,

Litvin Anatoliy V.

Candidate of Science, assistant professor,

Lukyanov Evgeniy A

Candidate of Science, assistant professor,

Deplov Dmitriy A.

Master student, Don state technical university, г. Ростов-на-Дону.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ И ПОМЕХ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ЦЕЛЬЮ ИХ УДАЛЕНИЯ ВЕЙВЛЕТАМИ

Бонилья Владимир. Ф., Аспирант

Литвин Анатолий Витальевич, кандидат техн. наук, доцент.

Лукьянов Евгений Анатольевич, кандидат техн. наук, доцент.

Деплов Дмитрий Алексеевич. магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

ABSTRACT

The aim of this study was investigate noises and interferences which disturb the surface electromyography signal (sEMG). It was shown that the noises and interferences are caused by various sources. Sources of interference and noise can be divided into internal and external. The internal noise are caused by the electrodes, EMG signals of other muscles; noise associated with the functioning of other organs such as the heart or stomach. The external noises are due to electrical environment the most prominent of which is the direct interference of the power hum, produced by the incorrect grounding of other devices and electro motors. The block diagram of the noise sources was developed and with accordance with the diagram EMG signal was simulated. Denosing of simulated EMG signal was fulfilled by different wavelets and compare with digital filtering. The smallest error was observed in the case when using wavelet db4 of level 6.

Keywords—Surface EMG, noise and interference, 50 Hz power line interference, wavelet denoising, digital filtering.

АННОТАЦИЯ

Исследовались шумы и помехи поверхностных электромиографических сигналов (пЭМГ). Было установлено, что шумы и помехи вызываются различные источники, которые подразделяются на внутренние и внешние. Внутренние источники вызываются поляризацией электродов, ЭМГ сигналами скелетных мышц, шумами связанными с работой других органов таких как желудок, сердце. Внешние помехи вызываются окружающей электромагнитной средой. К внешним помехам и шумам относятся сетевая помеха, помехи от работающего электрооборудования. Для исследования методов удаления помех и шумов были созданы модели ЭМГ сигналов. Удаление шумов и помех выполнялось с помощью вейвлет преобразования. Наименьшая погрешность наблюдалась при использовании вейвлета db4 6 –того уровня.

Ключевые слова - Поверхностная ЭМГ, шумы и помехи, удаление помех вейвлетами

Introduction. The skeletal muscle is a biological tissue able to transform chemical energy to mechanical energy. The smallest functional unit describing the neural control of the muscular contraction process is called a Motor Unit.

In biomedical signals studies the motor unit action potentials (MUAPs) of all active motor units under the electrodes are observed as a bipolar signal with a symmetric distribution of positive and negative amplitudes (mean value equals to zero) forming an interference pattern [1]. The signal obtained from surface electrodes is called a surface electromyography signal (sEMG) and is often used to evaluate the relative level of muscle activity during movement.

An unfiltered and unprocessed signal consistent with the superposed MUAPs is called a raw sEMG signal. The raw sEMG signal is a complex signal having interfering components and therefore its analysis is rather difficult [2].

sEMG is established as an evaluation tool for applied research, physiotherapy, rehabilitation, sports training and interactions of the human body with industrial products and work conditions. It has been proven that amputees who have lost their hand are able to generate signals in the forearm

muscles that are similar to those generated by healthy subjects. EMG signal is widely used to control various electromechanical devices such as prostheses [3], exoskeletons [4] and other mechatronic systems. EMG signals obtained from implanted electrodes from motor fibers of a peripheral nerve are used to control bioelectric prostheses but for controlling other mechatronic devices parameters of sEMG are more suitable. [5]. Thus, sEMG signals can prove extremely useful in restoring some of the lost motor functionalities in amputees.

Bioelectric control of mechatronic devices is carried out in conditions of high interference, for example, industrial electromagnetic noises, which requires the development of methods for the removal of a variety of noises from the raw sEMG. To remove noise from the raw sEMG signals band-pass and lattice filters are usually used, however, such filtering distorts the signal, and removes useful information from the sEMG signal [6]. Analysis of known scientific works [7,8] shows that the most efficient method for removal of artifacts from biomedical signals is the wavelet decomposition of the

signal, followed by the correction of the decay and the recovery of the signal by removing noises and interferences.

The choice of the mother wavelet (continuous or discrete) is not a trivial task. Analysis of published scientific research shows that for the analysis and filtering of biomedical signals, different mother wavelets are applied such as the derivatives of the Gaussian function for the continuous wavelet analysis of EMG signal, a family of the orthogonal wavelets of Daubechies [7] and etc.

According to the sampling theorem, the continuous signal $S(t)$ whose spectrum contains no frequencies higher than f_m , is completely determined by a discrete sequence of their instantaneous values $\{S_i\}$, $i = 0, 1, \dots, N - 1$, measured at time intervals of Δt :

$$\Delta t = 1 / 2 f_m, f_d = 1 / \Delta t, \tag{1}$$

where Δt and f_d – time interval, c. and the sampling frequency, Hz. Thus, the signal sampled at an interval of Δt can be determined by the following expression

$$S_d(t) = \{S_i\} = \sum_{i=1}^{N-1} S(i\Delta t)\delta(t - i\Delta t), \tag{2}$$

where $\delta(t)$ the Dirac delta function

It is known that any signal $S(t)$ for which the condition $\int_{t_1}^{t_2} [S(t)]^2 dt < \infty$ is true, may be represented by an orthogonal system of functions $\psi(t)$:

$$S(t) = C_0\psi_0(t) + \dots + C_n\psi_n(t) \tag{3}$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n\psi_n(t)$$

The wavelet coefficients C_n can be calculated using an iterative procedure known as the fast wavelet transform FWT [7].

The fast wavelet transform is a mathematical algorithm designed to turn a waveform or signal in the time domain into a sequence of coefficients based on an orthogonal basis of small finite waves, or wavelets. The transform can be easily extended to multidimensional signals, such as images, where the time domain is replaced by the space domain.

When the order $n=1$ the WAVE-wavelet having the raw moment equal to zero is received. When $n=2$ we get MHAT-wavelet, called "Mexican hat, it provides better resolution than the WAVE wavelet. The Haar wavelet is also the simplest possible wavelet. The technical disadvantage of the Haar wavelet is that it is not continuous, and therefore

not differentiable. The drawbacks of Haar wavelet are asymmetrical form and ripples that results in endless alternations of the "petals" decreasing in the frequency domain or spectral leakage being proportional to $1/\omega$.

Among the complex wavelet transform the Morlet wavelet is most commonly used. This wavelet is well localized both in time and in frequency domain. The characteristic parameter ω_0 allows changing the selectivity of the basis.

Most of the wavelet functions have no analytical description in a single formula, and are iterative expressions and for this reason are easily calculated by computers. Functions of Daubechies are an example of such wavelets

Noise and interference. When registering biomedical signals with the main signal the noise and interference of various natures are simultaneously recorded. The interference and noise also include distortion of the useful signal by various destabilizing factors while being measured, such as the effects of lightning discharges, interference from operating industrial equipment, etc. Sources of interference and noise are divided into internal and external. The internal noise or physiological noise are the noise of the electrodes, EMG noise other muscles; noise associated with the functioning of other organs such as the heart or stomach. Special care must be taken in very noisy electrical environment, categorized as external noise, the most prominent of which is the direct interference of the power hum, typically produced by the incorrect grounding of other external devices. The block diagram of the noise sources are shown in Fig. 1

The aim of the study is to identify interference and noise present in the sEMG signal and to fulfill comparative analysis of applying wavelet transformations for the removal of artifacts and various interferences from a raw sEMG signal.

Experimental Procedures. At the first stage of research the interference and noise were recorded and analyzed in accordance with the diagram shown in fig.1. The registration channel of sEMG signal interference and noise includes surface electrodes, bio amplifier, band pass filter with cutoff frequencies of 10 and 250 Hz and ADC. The Ag/AgCl electrodes, with a diameter of 5 mm, were attached to the surface of the right M. Biceps Brachii along the line of muscle fibers, at a distance of 2 cm from each other. The noise was amplified and passed through Matlab using the data acquisition system NI USB-6212. The sampling rate of the noise signals was set at 1 kHz and a 16-bit ADC was used. During the recording of the noise and interference, right hand with fixed electrodes on the biceps remained motionless.

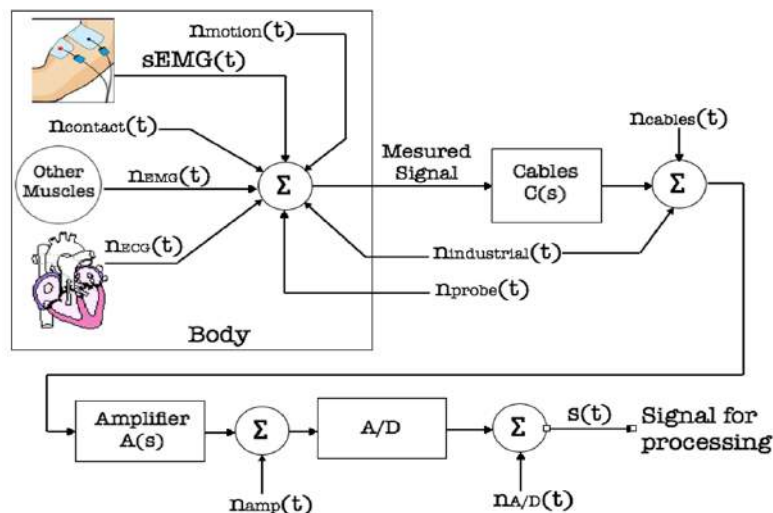


Fig. 1. Block diagram showing the principal noise sources in electromyography.

Fig. 2 shows the total noise and interference induced by the 0.55 kW three-phase asynchronous electromotor at a distance of 0.5 - 1 m, EMG of skeletal muscles due to rotations of the trunk and the ECG signal.

After determining the noise and interference, the EMG signals models were created. Base EMG signal was taken from

the Physionet Database Examples of Electromyograms Record (emgdb). This signal was used as the original signal, on the basis of which the synthesis of EMG signals with varying degrees of noise was carried out to assess the quality of different filtering methods and DWT denoising (fig. 3).

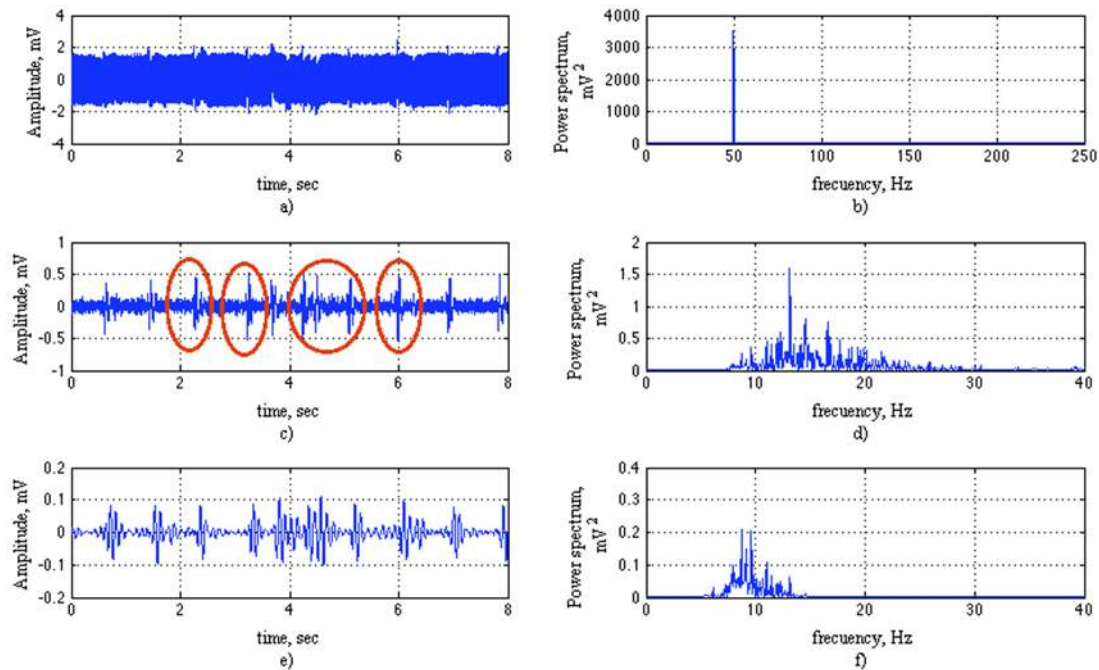


Fig. 2. Noise induced on the electrodes installed on the biceps of the right hand: a) the total interference from the AC electromotor; EMG skeletal muscles during rotations of the trunk around its axis ECG; b) the spectral power and the total interference; c) noise induced EMG of the skeletal muscles during rotations of the trunk and ECG; d) the power spectrum of noise consisting of EMG and ECG; e) and f) - hindrance caused by the ECG, and its power spectrum

When noise is added to an EMG signal, it can be represented by the summation of the original signal (S_{EMG}) and the total noise (n_{Σ}), as shown in equation (1).

Discrete wavelet based denoising. The discrete wavelet transform (DWT) is an effective method to represent and analyze signals, featuring sharp transients. It splits the signal into its "low resolution" parts and a series of details at different resolutions. One of the common applications of the DWT is denoising which receives considerable attention in the

removal of noise in biomedical signals [9, 10]. The denoising algorithm based on DWT has three steps:

$$S_{\Sigma} = S_{EMG} + n_{\Sigma} \tag{4}$$

- Step 1. The DWT transforms of the EMG signal;
- Step 2. Defying thresholds of wavelet coefficients;
- Step 3. Reconstruction of the denoised EMG signal by using inverse wavelet transforms of the thresholded wavelet coefficients.

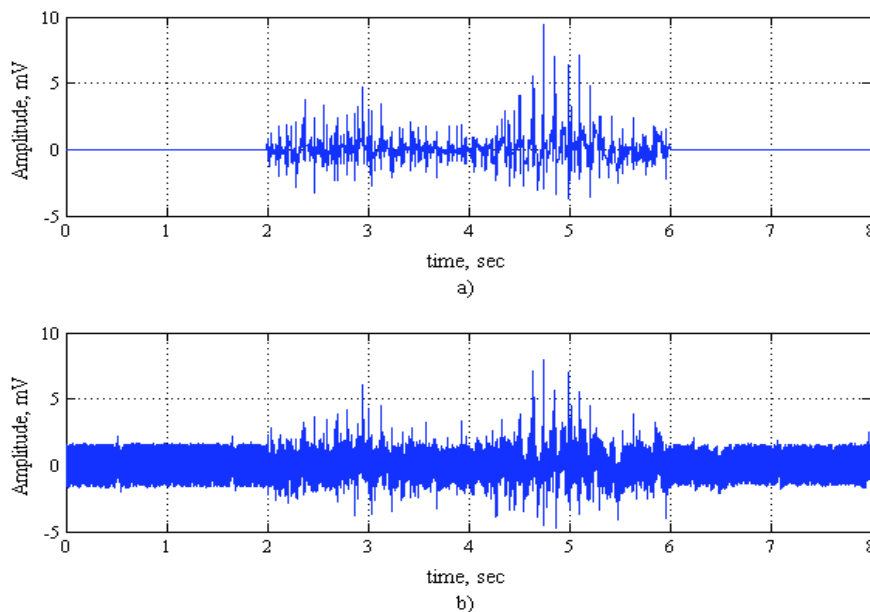


Fig. 3. EMG model signal, a) the EMG signal from the database; b) synthetic noised EMG signal.

After the wavelet decomposition, a proper threshold must be defined to denoise the signal. The following four classical thresholds are generally used: universal, SURE, minimax and hybrid.

The noise from the synthetic EMG signal was removed using the DWT from the MATLAB Wavelet toolbox. The following mother wavelets were analyzed to denoise the

synthetic EMG signal: Daubechies db4, db6, db8; simlet sym6 sym7 and; the biorthogonal wavelets bior 3.6 - bior 3.8. The choice of the wavelet is determined by the shape of the sEMG signals. The results of denoising the synthetic EMG signal is shown in the table. The smallest error was observed in the case when the mother wavelet db4 of level 6 was used.

Table

Standard deviation of EMG signal after denoising								
Mother wavelets								
DF	db4	db6	db8	sym6	sym7	bior 3.7	bior 3.9	bior 6.8
Standard deviation, mV								
0.556	0.318	0.337	0.331	0.346	0.321	0.326	0.335	0.321

In the above table: DF - digital filtering: the Butterworth 4th order band-pass filters with cutoff frequencies of 10 and 250 Hz and notch filters -50 and 150 Hz.

Fig. 4 shows the results of denoising the synthetic EMG signal using Db4 wavelet at different threshold values.

The effectiveness of the wavelet denoising was demonstrated by processing the real-life raw sEMG signals

obtained from the right M. Biceps Brachii during the right elbow reflection [11]

The recorded sEMG signals were composed of the 50 Hz noise, the ECG signal noise and the EMG signals of the skeletal muscles. Fig. 5 shows the raw and processed signals, and the spectral characteristics of the signals after digital filtering and wavelet denoising.

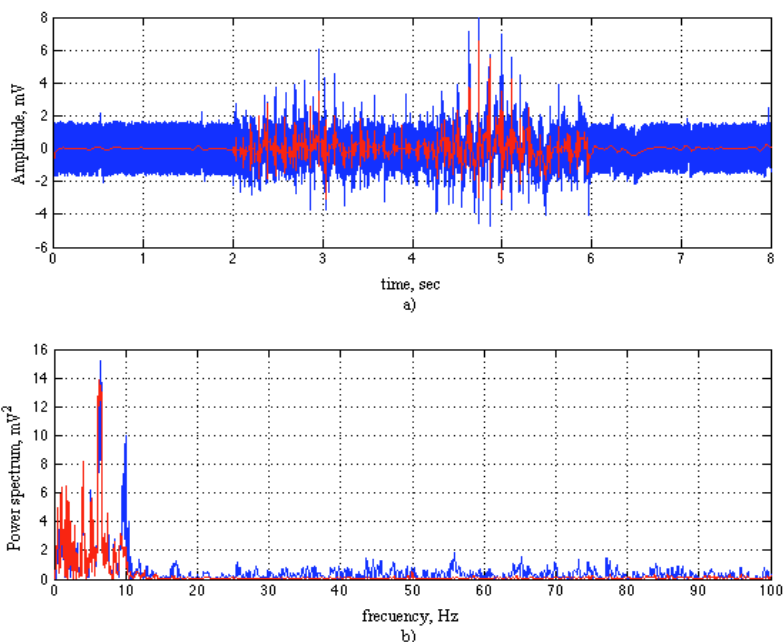


Fig. 4. The denoising of the synthetic EMG signal using Db4 wavelet

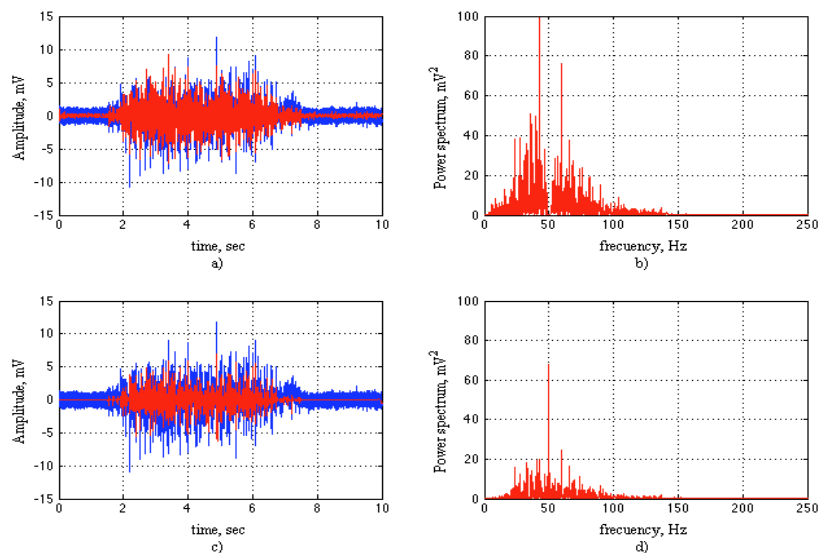


Fig. 5 Digital filtering(a, b) and wavelet denoising of the real-life raw sEMG signals (c, d).

References

1. Рангайян, Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 440 с.
2. Konrad, P. The ABC of EMG A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography.- Version 1.4, March 2006.- Noraxon INC. - режим доступа: <http://www.noraxon.com/docs/education/abc-of-emg.pdf>.
3. Сафин, Д. Современные Системы управления протезами. Конструкции электродов и усилителей биосигналов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 4/2009. –режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/219>. (Дата обращения 26.11.2014)
4. Zeeshan O. Khokhar, Zhen G Xiao, Menon C. Surface EMG pattern recognition for real-time control of a wrist exoskeleton// BioMedical Engineering On Line 2010, 9:41. – режим доступа: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/9/1/41>.
5. Shenoy P. Online Electromyographic Control of a Robotic Prosthesis.- режим доступа: <http://homes.cs.washington.edu/~rao/emg-08.pdf>
6. Slim Ya. Noise Removal from Surface Respiratory EMG Signal // World Academy of Science, Engineering and Technology Vol:2 2008-02-28
7. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999. – 208 с.
8. Bigliassi, M., Fourier and Wavelet Spectral Analysis of EMG Signals in 1-km Cycling Time-Trial. Fnd [et all]// Applied Mathematics, 5, 1878-1886. - режим доступа: <http://www.scirp.org/journal/am>
9. Phinyomark A., Limsakul C., Phukpattaranont P. A comparative study of wavelet denoising for multifunction myoelectric control// International Conference on Computer and Automation Engineering, ICCAE, pp. 21-25, 2009.
10. Gao J., Sultan H., Hu J., Tung W. W. Denoising nonlinear time series by adaptive filtering and wavelet shrinkage: a comparison// Signal Processing Letters, IEEE, Vol. 17, pp. 237-240, 2010.
11. Бонилья В.Ф., Лукьянов Е.А, Литвин А.В., Деллов Д. А. Влияние кинематических параметров движения локтя на электромиографический сигнал двуглавой мышцы плеча // Вестник ДГТУ №4 – 2014, с. 48-67.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Черепанов Дмитрий Александрович

Магистр, Петрозаводский Государственный Университет, г.Петрозаводск

Тихомиров Александр Андреевич

Канд. физ.-мат. наук, доцент, Петрозаводский Государственный Университет, г.Петрозаводск

Изотов Юрий Анатольевич

Бакалавр, Петрозаводский Государственный Университет, г.Петрозаводск

Соболев Никита Владимирович

Бакалавр, Петрозаводский Государственный Университет, г.Петрозаводск

ELECTROMECHANICAL REACTIVE POWER COMPENSATOR

Cherepanov Dmitriy, Master's degree, of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk,

Tikhomirov Alexander, PhD, assistant professor, of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

Izotov Yuriy, Bachelor's degree, of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

Sobolev Nikita, Bachelor's degree, of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена проблеме компенсации реактивной мощности. В ней рассмотрена возможность компенсации реактивной мощности на основе электромеханического эффекта. Результатом работы стало получение данных, подтверждающих переход устройства в режим компенсации электрической энергии.

ABSTRACT

This article deals with the problem of reactive power compensation. The article contains the information about a new model of reactive power compensator that works with the help of it's moving part. The result of the work was obtaining data that confirms switch-over of the device in electrical power compensation mode.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, компенсатор, компенсация, электромеханический компенсатор.

Keywords: reactive power compensation, compensator, compensation, electromechanical compensator.

Электрические компенсаторы реактивной мощности широко применяются для уменьшения потерь электроэнергии [1, с. 358]. В данной работе рассмотрен компенсатор реактивной мощности на основе электромеханического эффекта [2].

Конструкция электромеханического компенсатора реактивной мощности, представлена на рисунке 1. Рассматриваемый компенсатор состоит из: движущихся рамок с током, подключаемых к сети в которой компенсируется реактивная мощность (1), обмотки намагничивания (2) и сердечника (3).

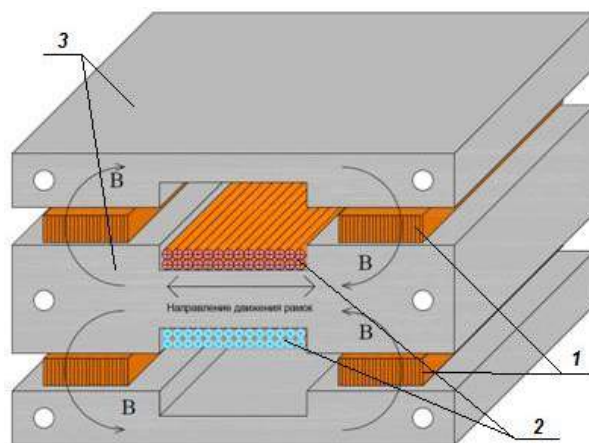


Рисунок 1. Электромеханический компенсатор реактивной мощности

Эффект можно пояснить формулой:

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_Q^2} = \sqrt{I_p^2 + [I_L - I_C]^2} \quad (1)$$

где, I_p – ток активной составляющей мощности, I_Q – ток реактивной составляющей мощности, I_L – ток индуктивного характера, I_C – ток емкостного характера. В первоначальный момент включения компенсатора в сеть он имеет некоторую реактивную мощность, полностью зависящую от индуктивности. В процессе увеличения тока подмагничивания на обмотке (2) емкостная составляющая начинает

расти и в определённый момент перехода достигает значения равного емкостной составляющей. Дальнейшее подмагничивание приведёт к режиму компенсации.

В компенсаторе реактивной мощности реализована возможность регулировки зазора между частями сердечника путём установки шпилек с шайбами (рисунок 2), кроме того её верхняя и нижняя части жёстко сцеплены друг с другом. Для увеличения магнитного поля рамки в неё был помещен железный сердечник.

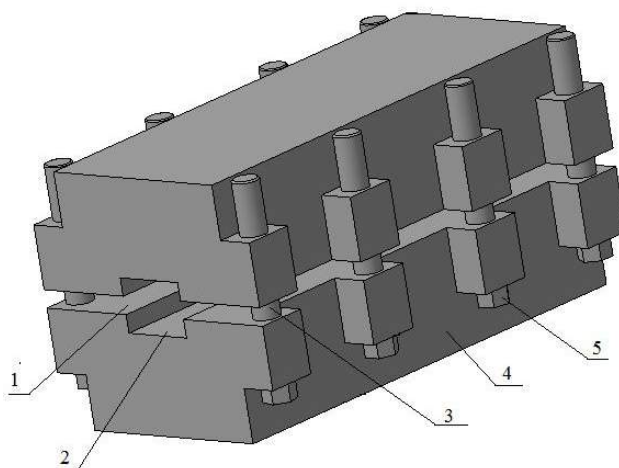


Рисунок 2. Новая модель компенсатора реактивной мощности

1 – плоскость для колебания рамки, 2 – пазы для обмотки, 3 – регулируемый зазор посредством шайб, 4 – компенсаторная основа, 5 – несущие шпильки с болтами и гайками для осуществления плотного крепления конструкции.

С помощью регулируемого автотрансформатора устанавливалось для каждого пяти значений переменное напряжение на рамке. Затем увеличивался постоянный

ток в катушке намагничивания, от этого усиливалось магнитное поле в воздушном зазоре компенсатора, где была помещена рамка. С амперметра и ватт-метра, подключённых к рамке, снимались показания (Таблица 1).

Табл.1

Полученные данные с опытов

Uрамки,В	Iобмотки,А	I,А полн	P, Вт	S, ВА	Q,ВАР	Cosφ	Отношение мощностей активн. и реактивн.
25,00	0,00	0,75	10,00	18,75	15,86	0,53	1,59
25,00	10,27	0,81	11,00	20,25	17,00	0,54	1,55
25,00	20,00	0,85	11,50	21,25	17,87	0,54	1,55
25,00	31,87	0,89	12,00	22,25	18,74	0,54	1,56
25,00	44,13	0,93	13,00	23,13	19,13	0,56	1,47
50,00	0,00	0,78	10,00	38,75	37,44	0,26	3,74

Врамки, В	Юбмотки, А	I, А полн	P, Вт	S, ВА	Q, ВАР	Сosφ	Отношение мощностей активн. и реактивн.
50,00	11,73	0,85	10,00	42,50	41,31	0,24	4,13
50,00	21,47	0,89	11,13	44,38	42,96	0,25	3,86
50,00	32,00	0,93	11,50	46,25	44,80	0,25	3,90
50,00	48,40	0,99	12,50	49,38	47,77	0,25	3,82
60,00	0,00	1,85	55,00	111,00	96,42	0,5	1,75
60,00	10,67	1,95	58,75	117,00	101,18	0,5	1,72
60,00	20,13	2,03	61,88	121,50	104,56	0,51	1,69
60,00	30,93	2,15	65,00	129,00	111,43	0,5	1,71
60,00	45,33	2,25	70,00	135,00	115,43	0,52	1,65
70,00	0,00	2,13	72,50	148,75	129,89	0,49	1,79
70,00	10,93	2,25	80,00	157,50	135,67	0,51	1,70
70,00	20,53	2,35	85,00	164,50	140,84	0,52	1,66
70,00	31,47	2,50	88,75	175,00	150,83	0,51	1,70
70,00	48,40	2,65	97,50	185,50	157,81	0,53	1,62
80,00	0,00	2,25	80,00	180,00	161,25	0,44	2,02
80,00	11,47	2,38	87,50	190,00	168,65	0,46	1,93
80,00	22,13	2,48	92,50	198,00	175,06	0,47	1,89
80,00	31,87	2,63	97,50	210,00	185,99	0,46	1,91
80,00	43,47	2,73	105,00	218,00	191,05	0,48	1,82
100,00	0,00	2,78	105,00	277,50	256,87	0,38	2,45
100,00	13,47	2,95	145,00	295,00	256,90	0,49	1,77
100,00	20,40	3,60	245,00	360,00	263,77	0,68	1,08
100,00	31,47	3,90	260,00	390,00	290,69	0,67	1,12
100,00	42,93	3,98	265,00	397,50	296,28	0,67	1,12
120,00	0,00	3,30	185,00	396,00	350,13	0,47	1,89

До 60 В происходит постепенное нарастание тока, но по достижении данного значения происходит первый скачок тока примерно в 2 раза. Следующий скачок тока происходит при достижении значения 100 В и подходящего тока намагничивания. Хотя значение и не отличается в два раза, но всё же существенно. Рамка приходит в движение при напряжении 120 В и увеличении тока намагничивания. Движения рамки происходит строго в компенсаторе, она не вылетает и не разворачивается. Это достигнуто новой конструкцией компенсатора.

Как видно по графику реактивной мощности (Рисунок 3), реактивная мощность во время всех измерений в основном нарастает линейно. Активная мощность же, исходя из (Рисунок 4), имеет схожесть нарастания со ступенчатым пуском двигателя, а при достижении 100 В значения происходит резкий скачок и активная мощность выравнивается с реактивной.

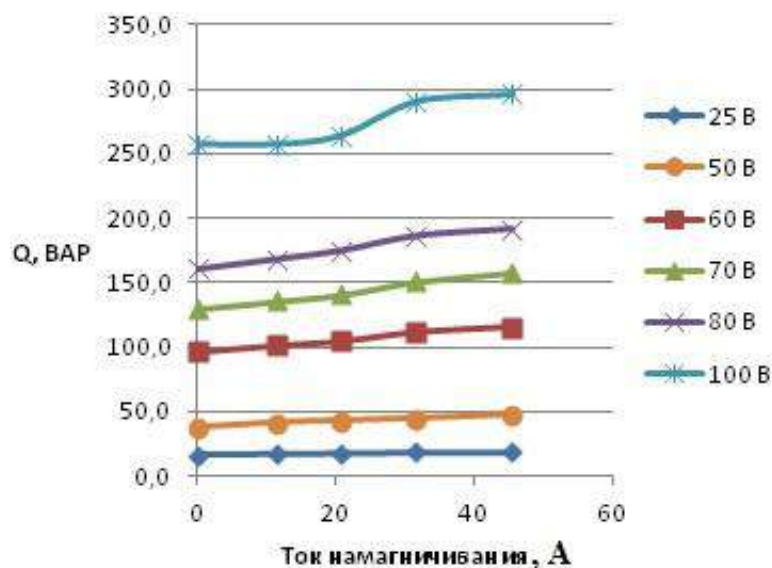


Рисунок 3. График зависимости реактивной мощности от тока намагничивания.

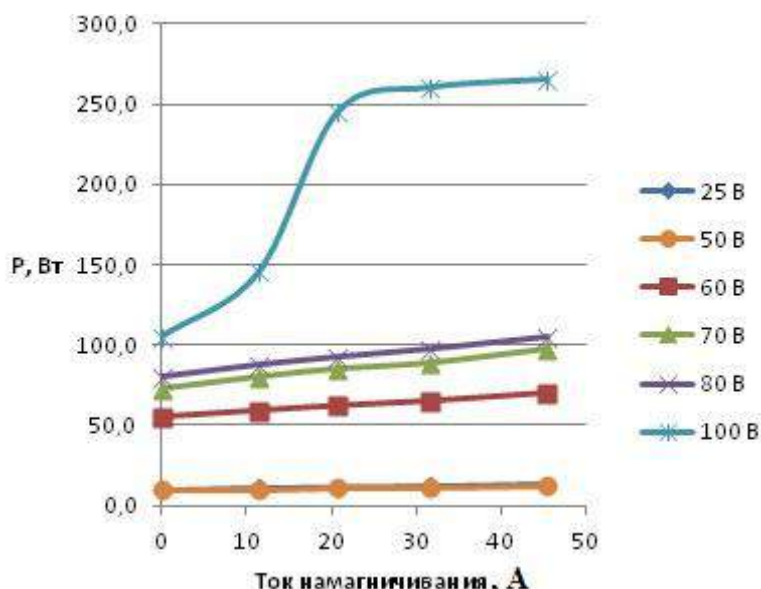


Рисунок 4. График зависимости активной мощности от тока намагничивания

В кратковременном режиме работы, проведенном после, был подтвержден факт достижения границы перехода и сам переход в компенсирующий режим. Были сняты данные, подтверждающие эффект (Таблица 2). Первоначально при подаче 220 В на рамку, был снят ток 4,2 А,

затем при повышении тока обмотки намагничивания, ток в рамке возрастал до 5 А, а затем снижался до 4,6. Результаты отображены на графике (Рисунок 5).

Таблица 2

Полученные данные при переходе в режим компенсации

Иш, А	l, А
0,00	4,20
5,42	4,40
10,67	4,70
15,60	5,00
20,34	4,90
23,60	4,70
26,30	4,60

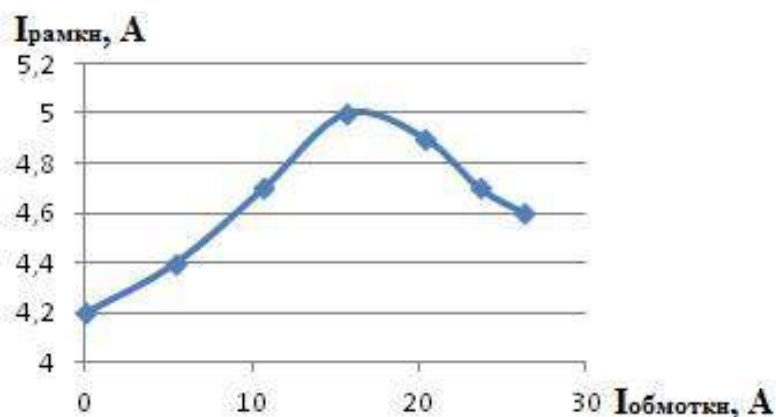


Рисунок 5. Зависимость тока в рамке (l) от тока подмагничивания (Иш)

Из проведенных исследований следует, что при подмагничивании компенсатора на уровне 16 ампер происходит полная компенсация реактивной мощности с дальнейшей генерацией емкостной реактивной энергии. Полученные данные показывают возможность создания компенсаторов реактивной мощности на основе электро-механического эффекта.

Литературный обзор

1. Гельман М.В., Дудкин М.М., Преображенский К.А. Преобразовательная техника, Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2009.
2. Патент RU № 145056 МПК H02K 7/02 опубликован 10.09.2014

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД

Чудновский Семен Матвеевич

кандидат техн.наук, доцент, Вологодский государственный университет, г.Вологда

Лихачева Ольга Ивановна

старший преподаватель, Вологодский государственный университет, г.Вологда

Одинцов Владимир Васильевич

кандидат техн.наук, доцент, Вологодский государственный университет, г.Вологда

INTENSIFICATION OF TREATMENT PROCESSES TURBIDITY AND WATER COLOR

Chudnovsky Semen, Candidate technology sciences, associate professor, Vologda State University, Vologda

Likhacheva Olga, senior lecturer, Vologda State University, Vologda

Odintsov Vladimir, Candidate technology sciences, associate professor, Vologda State University, Vologda

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается возможность применения принципиально новых автоматических схем управления процессами подготовки питьевой воды с использованием способов и устройств, разработанных в Вологодском государственном университете.

ABSTRACT

This paper explores the possibility of using new automation schemes management processes training drinking water using methods and devices developed in the Vologda state University.

Ключевые слова: очистка природной воды, коагуляция, дзета-потенциал.

Keywords: clean natural water, coagulation, Zeta-potential.

Большинство технологических схем водоподготовки, применяемых в Северо-Западном и других регионах России, являются громоздкими, сложными и практически неуправляемыми. Отсутствует возможность следить за ходом процесса коагуляции и осаждения коагулированной взвеси в режиме реального времени, а, следовательно, невозможно обеспечить оперативное управление процессами коагуляции. В результате себестоимость очищенной воды высокая, а качество воды низкое. В очищенной воде содержатся повышенные концентрации остаточных реагентов, что, естественно, неблагоприятно сказывается на здоровье населения. Кроме того, основными недостатками применяемых методик определения показателей качества воды при коагуляции являются:

- а) большие затраты времени на проведение пробного коагулирования;
- б) результаты анализа проб воды, получаемых в лаборатории, часто не соответствуют реальным условиям непосредственно в блоках сооружений;
- в) низкая точность получаемых результатов не позволяет считать их достоверными.

По имеющейся классификации к маломутным высокоцветным поверхностным водам относятся воды, в которых максимальные значения взвешенных веществ менее 50 мг/л и цветность более 120 градусов по платиново-кобальтовой шкале [1]. Если мутность воды определяется содержанием в ней частиц минерального происхождения (ил, песок, глина и т.п.), то цветность воды – только веществами органического характера (гуминовыми и дубильными веществами). Как правило, органический состав такой воды формируется при участии почвенного и торфяного гумуса, болотного питания рек, разложения планктона и почвенной растительности в водохранилищах и озерах. Органические коллоиды в природных водах, прежде всего гумусовые вещества, придают воде желто-коричневую окраску различной интенсивности в зависимости от их свойств и количественного содержания. Цветность является одним из основных физических органолептических показателей качества воды и ограничивается санитарными нормами - 20 градусами платиново-кобальто-

вой шкалы (ПКШ). Высокое содержание органических веществ в воде придаёт ей затхлый привкус и неприятный запах.

Самым распространенным способом очистки цветных вод является коагуляция. Процесс коагуляции является практически единственным методом очистки воды от мутности, цветности, органических и неорганических, природных и антропогенных загрязнений (взвешенных, коллоидных и растворенных). И от того, как осуществляется этот процесс на водоочистной станции, в основном зависит качество питьевой воды.

При правильно проведенном процессе коагуляции и осветлении воды можно полностью удалить взвешенные вещества, снизить цветность воды до необходимого уровня, уменьшить концентрацию общих органических загрязнителей, характеризуемых показателем перманганатной окисляемости, на 50-60 %. При коагулировании удаляются ионы тяжелых металлов, а также истинно растворенные микрозагрязнения, такие как СПАВ от 30 до 100%, фенолы, амины, нефтепродукты, пестициды от 90 до 100 % и радиоактивные вещества на 70- 90%.

Изменение качества исходной воды по сезонам года требует оперативного, а в ряде случаев радикального изменения режима обработки воды. В результате, во многих случаях, качество очищенной на водоочистных станциях воды не отвечает нормативным требованиям по ряду показателей.

Как правило, наибольшие трудности с проведением коагулирования воды возникают в паводковый период, когда вода имеет низкую температуру и резко возрастает количество загрязнений и, соответственно, возрастает нагрузка на очистные сооружения.

Следовательно, для решения проблем, связанных с надёжным обесцвечиванием маломутных цветных вод, требуется гибкое управление физико-химическими процессами коагуляции. Для этого необходимо:

1. Обеспечить оперативный контроль ключевых входных и выходных параметров процессов коагуляции.
2. Обеспечивать оперативное определение значений факторов, оказывающих наибольшее влияние на

ход процессов коагуляции (дзета – потенциал, концентрация коллоидных примесей, температура воды и другие).

Первый вариант гибкого управления второй стадии процесса контактной коагуляции заключается в установлении зависимости между эффективностью процесса коагуляции и содержанием остаточного реагента, например, алюминия в очищенной воде. Выполненные исследования показали, что такая зависимость существует.

Исследования проводились лабораторными методами, мы определяли: исходную цветность воды, поступающей на водоочистные сооружения п.Надеево Вологодской области, цветность после очистки; затем по исходной и полученной в результате очистки цветности определяли эффективность процесса коагуляции.

$$\text{Э} = (\text{Ц}_{\text{исх}} - \text{Ц}_{\text{по}}) / \text{Ц}_{\text{исх}} * 100\%, \quad (1)$$

где Э – эффективность процесса коагуляции, %;

$\text{Ц}_{\text{исх}}$ – исходная цветность воды, поступающей на ВОС, град ПКШ;

$\text{Ц}_{\text{по}}$ – цветность воды после очистки, град ПКШ.

Кроме того, мы исследовали и сопоставляли три варианта подбора дозы коагулянта для обесцвечивания воды:

1. Доза коагулянта по щелочи.
2. Доза коагулянта расчетная - по СНиП 2.0402-84.
3. Доза коагулянта по дзета-потенциалу.

Исследования показали, что самой эффективной является доза коагулянта, определенная по дзета-потенциалу [2]. При этой оптимальной дозе коагулянта остаточный алюминий оказался самым низким (ниже нормы, установленной Всемирной Организацией Здравоохранения), а эффективность процесса коагуляции высокой. На рисунке 1 приведен график зависимости эффективности процесса коагуляции от остаточного алюминия.

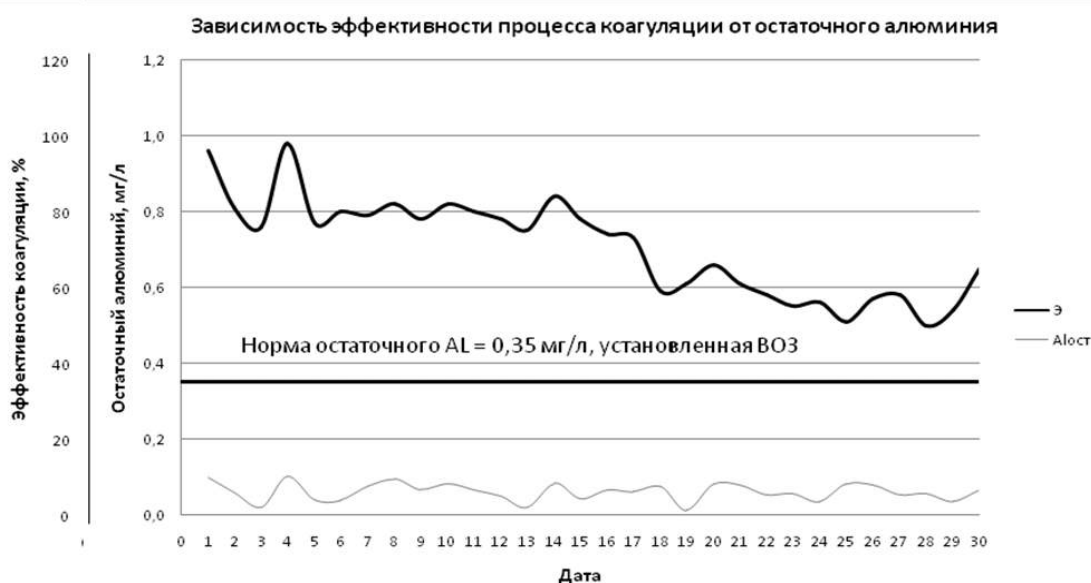


Рисунок 1. График зависимости эффективности процесса коагуляции от остаточного алюминия

Таким образом, на данном этапе исследований, установив ряд зависимостей, мы выбрали оптимальную методику определения дозы коагулянта (по дзета-потенциалу), при которой эффективность процесса коагуляции является наиболее высокой, а остаточный алюминий низким.

В процессе дальнейших исследований [3] был разработан новый способ очистки маломутных цветных вод [4]. Для осуществления этого способа предварительно воду подвергают напорной флотации в течение не менее 15 минут при содержании воздуха в водовоздушной смеси не менее 1,5% от объема обрабатываемой воды, давлении не менее 0,6 МПа в напорной емкости и выдерживают не менее 10 мин, после чего смесь вводят в содержащую коагулянт очищаемую воду, толщина слоя которой не должна быть менее 1 м. Способ обеспечивает сокращение расхода коагулянта - сульфата алюминия в 3-5 раз, причем содержание остаточного алюминия в очищенной воде снижается в 2 раза и уменьшается время на осуществление коагуляции воды.

Наше устройство для очистки воды, включающее смеситель, контактный осветлитель, трубопроводы подачи исходной, промывной и очищаемой воды, трубопроводы отвода промывной и очищенной воды, распределительную систему из перфорированных труб, поддержива-

ющий слой, фильтрующий слой и переливной желоб, дополнительно содержит датчики остаточного коагулянта на трубопроводе подвода очищаемой воды, над поддерживающим слоем и в объеме фильтрующей загрузки; датчики мутности и цветности на трубопроводе исходной воды и на выходе воды из контактного осветлителя; датчик щелочности на трубопроводе подачи исходной воды; блок автоматического управления, соединенный проводниками с датчиками остаточного коагулянта, цветности, мутности, щелочности; седиментометр, установленный на выходе воды из контактного осветлителя, соединенный проводниками с блоком автоматического управления. Установленные на всех трубопроводах задвижки являются электрифицированными и также связаны с блоком автоматического управления. На рисунке 2 показана схема предлагаемого устройства.

На первом этапе процесса коагуляции, в контактных осветлителях, вода проходит барабанные сетки или микрофильтры и смеситель, где смешивается с раствором коагулянта. Управление первым этапом мы будем осуществлять по способу регулирования процесса коагуляции воды. Исходная вода подается на очистные сооружения. Перед началом очистки производятся измерения показателей качества воды. Определяется необходимая доза хлора на основании величины ХПК (для предварительного хлорирования). После того, как вода проходит

барabanные сетки или микрофильтры, перед основными очистными сооружениями, с помощью дозатора вводится определенная доза хлора. Затем производятся экспресс-измерения электрофоретической скорости движения частиц сверху вниз и сравнения ее с величиной электрофоретической скорости, соответствующей нижнему порогу коагуляции. На основании данных показаний происходит определение первоначальной дозы коагулянта для пробы исходной воды, поступающей в смеситель, и последующее корректирование этой дозы в зависимости от изменения агрегативной устойчивости взвеси, которое производят периодически в режиме реального времени [5].

После первого этапа процесса коагуляции вода поступает в контактный осветлитель. Производится экспресс-

контроль величины остаточного коагулянта в воде, поступающей в контактный осветлитель и в объеме его фильтрующей загрузки (не менее чем в двух уровнях), который необходим для регулирования скорости фильтрации. На основании экспресс-контроля цветности, мутности и щелочности исходной воды, а также цветности и мутности воды на выходе из контактного осветлителя производится переключение с режима фильтрации на режим промывки. Производится седиментационный экспресс анализ взвеси на выходе воды из контактного осветлителя, который необходим для регулирования времени и интенсивности промывки. После этого вода хлорируется и поступает в резервуар чистой воды (РЧВ). Схема гибкого управления процесса коагуляции в контактном осветлителе [6] представлена на рисунке 3.

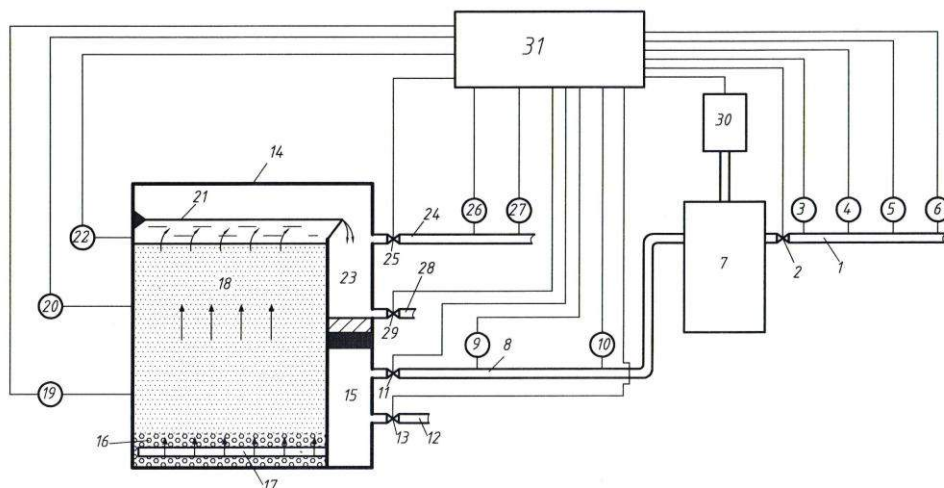


Рисунок 2. Схема устройства

1 - трубопровод подачи исходной воды; 2,11,13, 25,29 - электрифицированные задвижки; 3, 26 - датчики мутности; 4, 27 - датчики цветности; 5 - датчик щелочности; 6,10 - датчики электрофоретической скорости; 7 - смеситель; 8 - трубопровод подачи очищаемой воды; 9,19,20 - датчики остаточного коагулянта; 12 - трубопровод подачи промывной воды; 14 – корпус контактного осветлителя; 15 - нижний карман КО; 16 - поддерживающий слой; 17 - распределительная система из перфорированных труб; 18 - фильтрующий слой; 21 - переливной желоб; 22 – седиментометр; 23 - верхний карман КО; 24 - трубопровод отвода очищенной воды; 28 - трубопровод отвода промывной воды; 30 - дозатор коагулянта; 31 - блок автоматического управления.

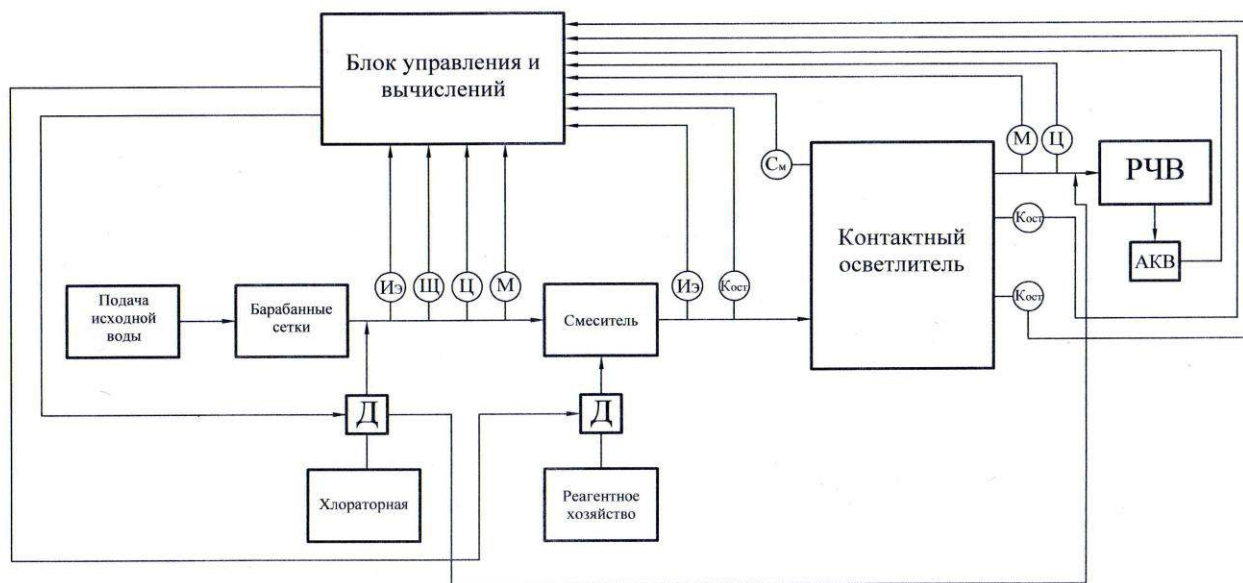


Рисунок 3. Схема гибкого управления процессами контактной коагуляции воды:

Д – дозатор, Иэ – датчик электрофоретической скорости, Щ – датчик щелочности, Ц – датчик цветности, М – датчик мутности, Кост – датчик остаточного коагулянта, См – седиментометр, АКВ – анализатор качества воды.

Литература

1. Чудновский С.М. Улучшение качества природных вод: Учеб. пособие / С.М. Чудновский Вологда: ВоГУ, 2014.- 182с
2. Чудновский С.М. Определение оптимальной дозы коагулянта по дзета – потенциалу взвешенных в воде частиц / С.М. Чудновский, В.М. Ропот, Л.Л. Индричан // Мелиорация и водное хозяйство: экспресс – информация. Серия 3. Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение. Вып. 10. – М. 1987. – С.12 -17.
3. Миронова Н.Л. Применение напорной флотации для интенсификации процессов коагулирования маломутных цветных вод: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.02 / Н.Л. Миронова; Вологодский гос.тех.ун-т. – Вологда, 1999. – 20 с.
4. Патент №2142419 Российская Федерация. Способ очистки маломутных цветных вод / С.М. Чудновский, Н. Л. Миронова; заявитель и патентообладатель Вологодский гос. тех.ун-т. – Опубл.10.12.1999. – Бюл.№ 23 – С. 6.
5. Патент 2415814 Российская Федерация. Способ регулирования процесса коагуляции воды / С.М. Чудновский, Е.А. Жирихина, Н.Г. Жаравина.; заявитель и патентообладатель Вологодский гос.тех.ун-т. – Опубл.10.04.2011. – Бюл.№10 – С.9.
6. Патент 2471719 Российская Федерация. Способ регулирования процессов очистки воды в контактных осветлителях и устройство для его осуществления / С.М. Чудновский, Н.А. Кузнецова; заявитель и патентообладатель Вологодский гос.тех.ун-т. – Опубл.10.01.2013. – Бюл.№1 – С.11.

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ОТ ВРЕМЕНИ С НАЧАЛА РАБОТЫ ДО МОМЕНТА НАСТУПЛЕНИЯ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ (НА ПРИМЕРЕ ДИСТАНЦИИ ПУТИ КУЙБЫШЕВСКОЙ Ж.Д.)

Дементьева Юлия Васильевна

руководитель отдела охраны труда, аспирант кафедры, «Безопасность жизнедеятельности и экология», Самарского государственного университета путей сообщения, г. Самара

ASSESSMENT OF DEPENDENCE OF INDUSTRIAL INJURY RATE ON THE TIME FROM WORK START TILL THE ACCIDENT (of injured employees on Kuibyshev railway)

Dementieva Yulia, manager of department for working safety, postgraduate student chair, "Industrial Health and Safety and Ecology" Samara State University of Transport, Samara

АННОТАЦИЯ

В статье произведена оценка зависимости показателей производственного травматизма от времени с начала работы до момента наступления несчастного случая путем проведения многомерного статистического анализа и расчета степени корреляционной зависимости между средним показателем времени с начала работы до момента наступления несчастного случая и количеством работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги в период с 2004 по 2013 год.

ABSTRACT

The article deals with dependence assessment of the industrial injury rate on the time from work start till the accident by statistic analysis and correlation dependence calculation between average rate from the work start till the accident and the quantity of injured employees on Kuibyshev railway in the period 2004-2013.

Ключевые слова: производственный травматизм, несчастный случай на производстве; путевое хозяйство, дистанция пути, время с начала работы до момента наступления несчастного случая; корреляционная зависимость.

Key words: industrial injuries, industrial accident, track service, track section, the time from work start till the accident, correlation dependence

Условия труда железнодорожников характеризуются потенциальным воздействием на них опасных производственных факторов. Это непосредственно связано с отраслевой спецификой функционирования железнодорожного транспорта, особенностями, сложностью и разнообразием производственных процессов, модернизацией применяемого оборудования и железнодорожного подвижного состава, а также инновационными технологиями производства.

Основным направлением государственной политики в области охраны труда, а также политики ОАО «РЖД», является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников в процессе их производ-

ственной деятельности. В целях обеспечения превентивных мер по предупреждению производственного травматизма трудовым законодательством и отраслевыми стандартами системы управления охраной труда ОАО «РЖД» работодателям организаций, как одна из основных задач, вменена обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны труда работников [1,2].

Путевое хозяйство – одна из основных и наиболее фондоемких отраслей железнодорожного транспорта, в которую входят железнодорожный путь со всеми его сооружениями и обустройствами. В путевом хозяйстве занята шестая часть работников железнодорожного транспорта [3].

Технологические процессы хозяйства пути содержат в себе ремонт и планово-предупредительные работы при текущем содержании пути, устанавливающие последовательность выполнения отдельных операций с использованием машин и механизмов, проекты организации работ, типовые технически обоснованные нормы времени для учёта работ по ремонту и текущему содержанию пути, технолого-нормировочные карты на производство работ. Основной задачей работников путевого хозяйства является обеспечение состояния пути, его сооружений и обустройств, гарантирующее бесперебойное и безопасное движение поездов с установленными скоростями [4].

Более половины объема путевых работ, которые необходимо выполнять для поддержания колеи в исправном состоянии, приходится на ее текущее обслуживание при непрекращающемся движении поездов, когда реальность ситуаций, способствующих травмированию, возрастает на многопутных перегонах с их высокоскоростным движением, при разностороннем движении по соседним путям, а также ограниченных фиксированных расстояниях между ними. Значительная продолжительность пребывания работника в опасной зоне, т.е. в пределах габарита подвижного состава, создает большую вероятность его потенциального травмирования и рассматривается, как высокий уровень профессионального риска [4].

Из статистических количественных показателей производственного травматизма следует, что в период с 2004 по 2013 год в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги произошло 103 несчастных случая, в результате которых пострадало 125 человек, что составляет третью часть от общего числа пострадавших работников дороги, из них 16 работников травмированы со смертельным исходом, 43 – с тяжелым или инвалидным исходом, 66 – легкой степени тяжести [5].

Результаты расследования обстоятельств происшедших несчастных случаев свидетельствуют о том, что

тот или иной фактор, влияющий на показатели производственного травматизма, однозначно не может быть основанием для констатации причин травмирования работников, но может являться дополнительным условием возникновения опасности, т.е. отдельной предпосылкой производственной травмы.

Рассмотрим время с начала работы до момента наступления несчастного случая, как один из факторов, потенциально влияющий на показатели производственного травматизма в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги.

Существует гипотеза, что время с начала работы до момента наступления несчастного случая оказывает определенное влияние на безопасность труда и с увеличением его продолжительности у работников снижается работоспособность, появляется утомляемость, рассеянность, накапливается усталость, что приводит к замедлению реакции, снижению концентрации внимания. Как следствие, работник утрачивает трудовую бдительность, ответственность за собственную безопасность, не ориентирует свое сознание на готовность к принятию мер предосторожности, пренебрегает реальностью травмирования, в результате чего в значительной мере повышается уровень профессионального риска, способный существенно повлиять на показатели производственного травматизма.

Для того, чтобы убедиться в этом, или же напротив, опровергнуть существующие предположения, был проведен многомерный статистический анализ сведений о пострадавших работниках Дистанции пути по фактору времени с начала работы до момента наступления несчастного случая на основании данных актов формы Н-1 «О несчастном случае на производстве», составленных и оформленных по результатам расследования обстоятельств и причин несчастных случаев, происшедших в период с 2004 по 2013 год. Интеллектуально обработанные статистические данные сведем в Таблицу 1.

Таблица 1

Распределение пострадавших работников дистанции пути по времени с начала работы до момента наступления несчастного случая за период 2004 – 2013г.г.

Время с начала работы до момента наступления несчастного случая	2004 – 2013г.г.		
	Общее количество пострадавших	в т.ч. со смертельным исходом	в т.ч. с тяжелым исходом
от 0 до 2 часов	37	6	13
от 3 до 4 часов	35	3	10
от 5 до 6 часов	30	3	11
от 7 до 8 часов	19	3	8
от 9 до 10 часов	4	1	0
Всего	125	16	42

Для наглядности представления и сравнения количественных показателей на основании табличных данных построим соответствующие диаграммы, представленные на Рисунке 1.

Из представленных выше сведений следует, что при производствах работ доминирующее количество работников получало травмы во временной период с начала работы от 0 до 2 часов – 37 человек, что составляет 46,3% от общего количества травмированных, в том числе 6 (7,5%) – со смертельным исходом и 13 работников (16,3%) – с тяжелым, инвалидным исходом.

Также обращает на себя внимание категория пострадавших, получивших травмы вовремя с начала работы от 3 до 4 часов – 35 работников, что составляет 42% от общего количества травмированных работников, в том числе 3 (3,8%) – со смертельным исходом и 10 работников (12,5%) – с тяжелым, инвалидным исходом. Вовремя с начала работы от 5 до 6 часов пострадало 30 работников (37,5%), в том числе 3 (3,8%) – со смертельным исходом и 11 (13,4%) – с тяжелым исходом.

Вовремя с начала работы от 5 до 6 часов числится 19 пострадавших, что составляет 22,8% от общего количества травмированных работников, в том числе 3 (3,8%) – со смертельным исходом и 8 (10%) – с тяжелым.

Количество работников, пострадавших на производстве вовремя с начала работы с 9 до 10 часов составляет 4 человека, в том числе со смертельным исходом -1 работник (1,2%).

Из вышеизложенного следует признавать тот факт, что подавляющее большинство несчастных случаев произошло в период минимальной продолжительности времени с начала работы до момента наступления несчастного случая. Последующие сравнительные показатели также свидетельствуют об обратной динамической вариации, т.е. с уменьшением продолжительности времени с

начала работы до момента наступления несчастного случая наблюдается тенденция к увеличению показателей производственного травматизма.

В этой связи следует выяснить, существует ли этим фактам научное подтверждение, то есть насколько тесны и непротиворечивы статистические взаимосвязи между показателями, характеризующими влияние продолжительности времени с начала работы до наступления несчастного случая на показатели производственного травматизма. Для этого следует определить не только наличие или отсутствия связи, но и степень этой взаимосвязи, с которой значения этих двух переменных будут соизмерены друг другу.

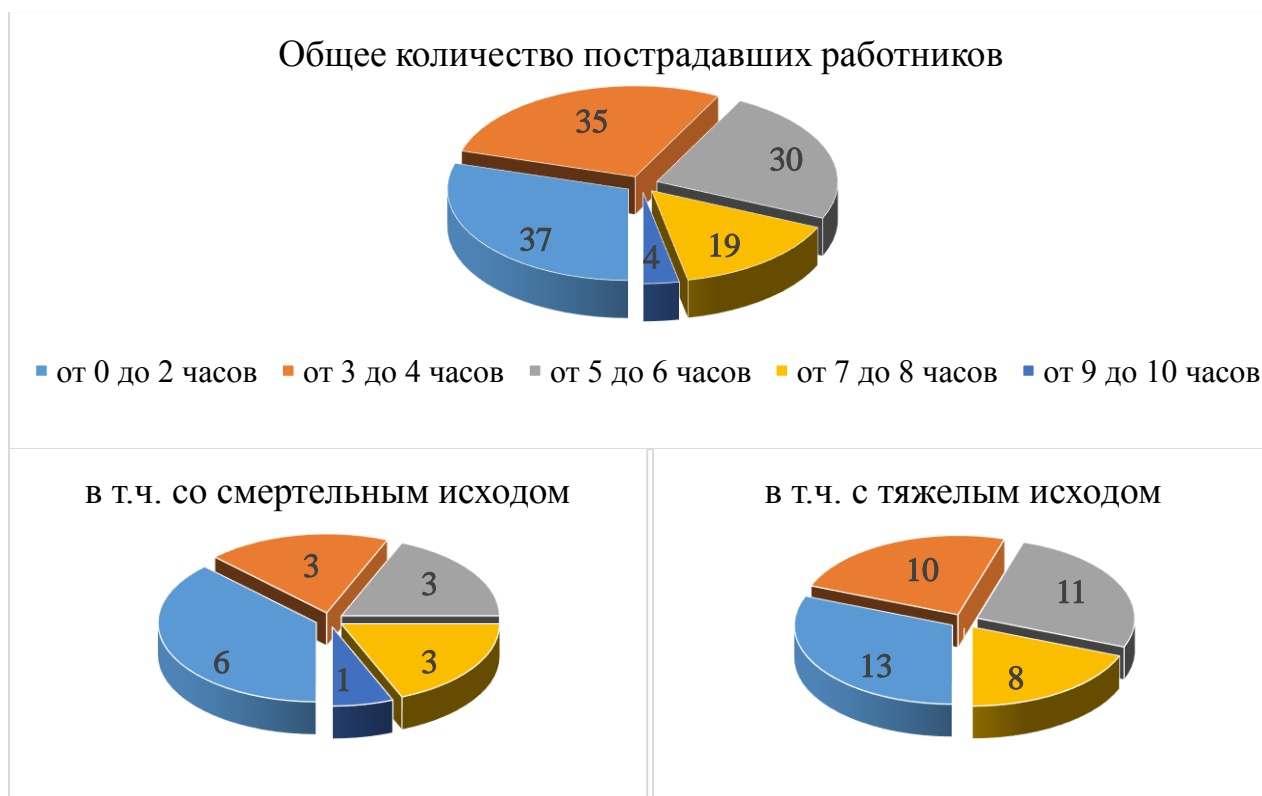


Рисунок 1. Распределение пострадавших работников дистанции пути по времени с начала работы до момента наступления несчастного случая за период 2004 – 2013г.г.

Так как показатели продолжительности времени с начала работы до момента наступления несчастного случая и количества пострадавших в результате несчастных случаев на производстве – это случайные величины, их степень взаимосвязи характеризует корреляционная статистическая зависимость, математической мерой которых служит коэффициент корреляции Пирсона [6].

Корреляционная зависимость предполагает, что пара рассматриваемых переменных: «время с начала работы до момента наступления несчастного случая» и «количество пострадавших в результате несчастных случаев

на производстве», допущенных в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги за период с 2004 по 2013 год, измерены в интервальной шкале, где x – входная переменная и независимая случайная величина, y – выходная переменная и зависимая случайная величина. Для оценки степени зависимости между ними, следует знать как величину корреляции, так и ее значимость. Для расчета коэффициента корреляции r_{xy} используем статистические и интеллектуально обработанные данные, представленные в Таблице 2.

Таблица 2

Расчетные данные для вычисления коэффициента корреляции							
Год	Время с начала работы, x_i , лет	Число пострадавших, y , чел.	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})$
2004	2,5	22	-0,65	9,50	0,4225	90,2500	-6,1750
2005	4,4	9	1,25	-3,50	1,5625	12,2500	-4,3750
2006	2,9	13	-0,25	0,50	0,0625	0,2500	-0,1250

Год	Время с начала работы, x_i , лет	Число пострадавших, y_i , чел.	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})$
2007	4,2	14	1,05	1,50	1,1025	2,2500	1,5750
2008	2,6	24	-0,55	11,5	0,3025	132,2500	-6,3250
2009	2,4	18	-0,75	5,50	0,5625	30,2500	-4,1250
2010	4,1	7	0,95	-5,50	0,9025	30,2500	-5,2250
2011	3,4	11	0,25	-1,50	0,0625	2,2500	-0,3750
2012	2	4	-1,15	-8,50	1,3225	72,2500	9,7750
2013	3	3	-0,15	-9,5	0,0225	90,25	1,425

Полученные значения подставляем в формулу вычисления коэффициента корреляции Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

где x_i - значения, принимаемые переменной x , y_i - значения, принимаемые переменной y , \bar{x} - средняя по $x = 3,15$, \bar{y} - средняя по $y = 12,5$.

Из произведенных расчетов следует, что коэффициент корреляции между временем с начала работы до момента наступления несчастного случая и количеством пострадавших в результате несчастных случаев на производстве $r = -0,3$. Это значение отрицательное и свидетельствует об обратной корреляционной зависимости поведения входной переменной x на поведение выходной переменной y .

Отсюда делаем вывод, результаты произведенных расчетов диаметрально противоположны существующей гипотезе и констатируем факт отсутствия предполагаемой зависимости показателей производственного травматизма от продолжительности времени с начала работы до момента наступления несчастного случая.

В целях идентификации контингента пострадавших работников Дистанции пути по времени с начала работы до момента наступления несчастного случая за период с 2004 по 2013 год с учетом соответствующей динамики производственного травматизма, а также определения и порядка формирования профилактических мероприятий по предупреждению несчастных случаев на производстве, используем анализ Парето.

Диаграмма итальянского экономиста и социолога Вильфредо Парето (диаграмма Парето) - инструмент, позволяющий анализировать, ранжировать и выявлять

наиболее существенные факторы, влияющие на показатели производственного травматизма, разделяя их на немногочисленные важные и многочисленные несущественные. Принцип Парето говорит о том, что, как правило, порядка 20% наиболее значимых факторов приносят 80%-й вклад в изменение характеристики, поэтому целью применения диаграммы в данном случае является выбор такой категории работников, пострадавших в определенный период времени с начала работы до момента наступления несчастного случая, на которую необходимо обратить внимание и сконцентрировать усилия при проведении соответствующих превентивных мероприятий [7].

На основании данных проведенного статистического анализа производственного травматизма хозяйства Дистанции пути построим диаграмму Парето, где на левой оси ординат обозначим количество пострадавших работников за рассматриваемый период времени, а на правой - шкалу с интервалами от 0 до 100%, где 100% соответствует общей сумме пострадавших работников. На оси абсцисс построим столбиковую диаграмму от максимального к минимальному, где каждый из столбцов соответствует количеству пострадавших работников с определенным временем с начала работы до наступления момента несчастного случая.

Для начертания кумулятивной кривой (кривой Парето) на поле графика нанесем точки накопленных сумм, которые по правой оси ординат будут равны количественному значению накопленного кумулятивного процента по каждому фактору и соединим их между собой отрезками прямых.

Далее отчерчиваем горизонтальную линию, начинающуюся в точке на оси кумулятивного процента - 80% и оканчивающуюся в точке пересечения с кривой Парето и из этой точки опустим перпендикуляр на ось абсцисс. Этот перпендикуляр разделяет факторы на значимые, расположенные от него слева и незначимые - справа.

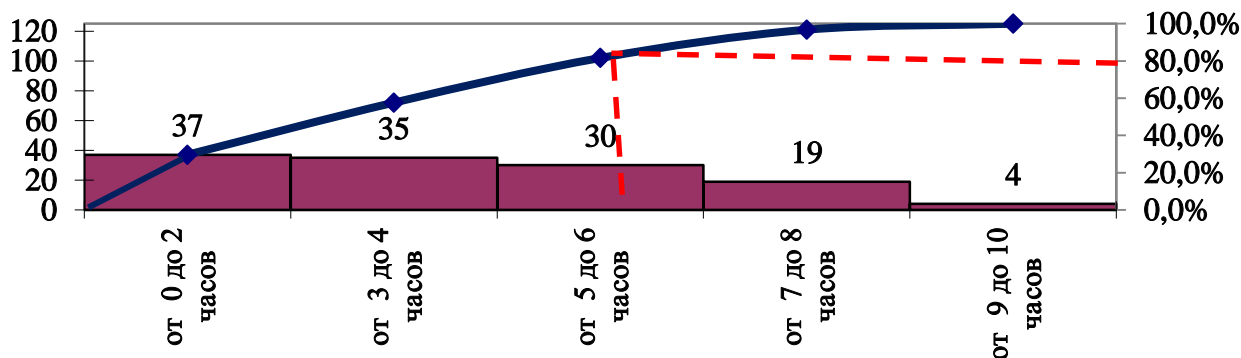


Рисунок 2. Диаграмма Парето – распределение пострадавших работников дистанции пути по времени с начала работы до момента наступления несчастного случая за период 2004 – 2013г.г.

На Рисунке 2 видно, что основными категориями пострадавших от несчастных случаев на производстве явились работники Дистанции пути, получившие травмы во временной период с начала работы до момента наступления несчастного случая от 0 до 2 часов – 37 работников, от 3 до 4 часов – 35 работников, а также от 5 до 6 - 30.

Таким образом, при разработке профилактических мероприятий по предупреждению производственного травматизма в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги следует учитывать наиболее травматические временные периоды трудового процесса, выявленные и обоснованные результатами проведенных научных исследований.

Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Издательство «Омега-Л», 2014. – 206с. – (Кодексы Российской Федерации).
2. Стандарт ОАО «РЖД» «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения» СТО РЖД 15.002-2012, утвержденный распоряжением

ОАО «РЖД» от 28 декабря 2012 г. № 2744р - М.:ОАО «РЖД», 2012. – 42с.

3. Терешин В.С., Каменский В.Б. Охрана труда в путевом хозяйстве. - М.: Транспорт, 1999. – 320с.
4. Путевое хозяйство // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 343. — ISBN 5-85270-115-7.
5. Анализ состояния охраны труда в хозяйстве Дистанции пути Куйбышевской железной дороги за период с 2004 по 2013 год. – С.: НБТ КБШ жд, 2014. – 33с.
6. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. — М.: Наука, 1973. – 899 с.
7. Стандарт ОАО «РЖД» № СТО РЖД 1.05.515.2 – 2009 «Методы и инструменты улучшений. Анализ Парето», утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 02.06.2009 года № 1150р - М.:ОАО «РЖД», 2009. – 11с.

ТРЕБОВАНИЯ К УПАКОВКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ИХ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НА СУДАХ ТИПА ЛОРО

Дуженко Артур Юрьевич

аспирант кафедры маневрирования, и управления судном Государственного, университета морского и речного флота, имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург

REQUIREMENTS FOR PACKAGING OF DANGEROUS GOODS IN LO-RO SHIPS

Duzhenko Arthur, graduate student of department of maneuvering and control by the court of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping Saint Petersburg

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены требования к упаковке опасных грузов при перевозке их на судах типа ЛоРо.

ABSTRACT

The article describes the requirements for **Ключевые слова:** *транспортировка, опасные грузы, СОЛАС, ЛоРо, требования, упаковка.*

Key words: *Carriage, dangerous goods, SOLAS, Lo-Ro requirements, packaging.*

Одной из наиболее важных профилактических мер по обеспечению безопасности при транспортировке опасных грузов является выполнение требований в отношении упаковки опасных веществ, материалов или изделий.

Общие требования для упаковок опасных грузов состоят в следующем:

упаковки должны быть качественно изготовлены и находится в хорошем состоянии; изготавливаться из такого материала, чтобы внутренняя поверхность упаковки опасно не взаимодействовала и не влияла на его свойства; и быть способны противостоять возможным опасностям при грузовых операциях и в процессе перевозки морем.

Типы упаковок:

- Небольшие (маленькие) упаковки
- Большие упаковки (контейнеры малой грузоподъемности)
- Грузовые транспортные единицы
- Съёмные цистерны (танк контейнеры)
- Автоцистерны
- Грузовые контейнеры
- Грузовые транспортные средства
- Крупногабаритные упаковки для твердых навалочных опасных грузов

Опасные грузы всех классов, за исключением классов 1,2, 5.2 и 7, для целей упаковывания были подразделены на три группы согласно степени опасности, которую они представляют:

1. высокая степень опасности группа упаковки 1;
2. средняя степень опасности группа упаковки II;
3. низкая степень опасности группа упаковки ТП.

Группа упаковки, к которой отнесено вещество, материал или изделие, указывается в индивидуальной карточке для данного вещества, материала или изделия.

Части упаковок, которые находятся в непосредственном контакте с "опасными веществами, не должны подвергаться химическому или другому воздействию этих веществ. При необходимости они должны быть обеспечены подходящим внутренним покрытием или специальной обработкой. Такие части упаковок не должны включать компоненты, склонные опасно реагировать с содержимым так, чтобы образовывать опасные продукты или существенно ослаблять упаковки. Прокладочный и абсорбирующий материал должен быть инертным и подходящим для свойств содержимого.

Поскольку не разрешается использовать любой тип упаковок для любого опасного вещества, материала или изделия, грузоотправитель должен сначала определить,

можно ли использовать данный тип упаковки для морской перевозки. В этом ему помогут рекомендации, содержащиеся в МК МПОГ 3.9.1. К перевозке на морских, речных и других грузовых и грузопассажирских судах допускаются радиационные упаковки I, II и III транспортных категорий. Упаковки IV транспортной категории допускаются к перевозке на специально выделенных морских и речных судах.

3.9.2. Радиационные упаковки I транспортной категории разрешается перевозить ручной кладью в отдельной закрытой каюте пассажирского судна с сопровождающим лицом, но без пассажиров.

Общая масса отправок, перевозимых в такой каюте морского и речного судов, не должна превышать 200 кг.

3.9.3. Сопровождающий, везущий радиационные упаковки ручной кладью, обязан заблаговременно явиться к начальнику порта и предъявить ему командировочное удостоверение и документы, подтверждающие, что предъявителю поручена перевозка упаковок с радиоактивными веществами. В документах должны быть указаны пункты отправления и назначения, категория радиационных упаковок, число мест и масса упаковок.

3.9.4. Количество упаковок II и III транспортных категорий при перевозке на морских судах обычно должно быть ограниченным так, чтобы общий на все судно транспортный индекс не превышал 200 при условии, что суммарный транспортный индекс любой отдельной партии радиационных упаковок будет не более 50. При этом каждую партию грузят, размещают и выгружают таким образом, чтобы минимальное расстояние между партиями радиационных упаковок в любой момент было не менее 6 м.

3.9.5. Количество радиационных упаковок II и III транспортных категорий для перевозки на речных судах должно быть таким, чтобы суммарный транспортный индекс не превышал 50.

Независимо от количества и категории радиационных упаковок, перевозимых в грузовом помещении морского и речного транспорта, мощность дозы в любом месте внешней поверхности ограждения грузового помещения не должна превышать 200 мбэр/ч, а на расстоянии 2 м от нее — 10 мбэр/ч. При этом мощность дозы в местах постоянного пребывания людей не должна превышать 1 мбэр/ч, а доза облучения экипажа судов — 0,5 бэр в один год.

3.9.6. Если предполагается перевезти на одном морском судне упаковки с суммарным транспортным индексом, превышающим 200, то грузоотправитель обязан

предварительно получить разрешение на перевозку органов санитарного надзора.

3.9.7. Места размещения упаковок должны находиться от мест размещения грузов с непроявленными кино, фото и рентгеновскими пленками и пластинками на расстояниях, не меньше указанных в Приложении 3. Между местами, где размещены упаковки с радиоактивными веществами, и местами пребывания людей, а также грузов с непроявленными кино, фото и рентгеновскими пленками и пластинками целесообразно по возможности размещать другие грузы для ослабления излучений.

3.9.8. Места размещения упаковок с радиоактивными веществами всех транспортных категорий должны быть обозначены отправителем знаками радиационной безопасности. Мощность дозы излучений на границе мест, выделенных для этих грузов, не должна превышать 200 мбэр/ч, а на расстоянии 2 м от этой границы — 10 мбэр/ч.

3.9.9. Перед предъявлением радиационного груза к перевозке отправитель должен представить правильно оформленный погрузочный ордер с указанием наименования радиоактивного вещества, его активности, транспортной категории (или транспортного индекса) и массы. При предъявлении к перевозке короткоживущих изотопов отправитель должен указать в погрузочном ордере допустимый срок пребывания груза в пути.

3.9.10. Отправитель может завозить в порт и сдавать для отправки радиационные упаковки в течение пяти суток, но не позднее чем за 2 ч до отправления судна.

3.9.11. Масса одной радиационной упаковки, транспортируемой на морском судне, не ограничивается.

Общая масса упаковок определяется правилами перевозок обычных грузов.

3.9.12. Масса одной радиационной упаковки, отправляемой на речных судах, не должна превышать 80 кг. Перевозка упаковок массой более 80 кг допускается в каждом отдельном случае по согласованию с начальником порта и при условии, если может быть выполнена их погрузка и выгрузка в портах погрузочно-разгрузочными механизмами.

Общая масса упаковок определяется правилами перевозок обычных грузов.

3.9.13. По прибытии радиационных упаковок начальник порта должен немедленно известить об этом грузополучателя, который обязан вывезти груз с территории порта в кратчайший срок.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОГРУЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ КЛАССА 7 НА СУДНО

Дуженко Артур Юрьевич

аспирант кафедры маневрирования и управления судном Государственного, университета морского и речного флота, имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург

SAFETY AT LOADING DANGEROUS GOODS CLASS 7 ON SEA VESSEL.

Duzhenko Arthur, graduate student of department of maneuvering and control by the court of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены меры безопасности при погрузке опасных грузов класса 7 на морское судно.

ABSTRACT

The article describes safety at loading dangerous goods class 7 on sea vessel.

Ключевые слова: транспортировка, опасные грузы, меры безопасности, опасный груз класса 7, погрузка, упаковка.

Key words: Carriage, dangerous goods, safety, dangerous goods class 7, loading, packaging.

Одной из наиболее важных моментов обеспечения безопасности при транспортировке опасных грузов класса 7 является соблюдение мер безопасности при погрузке опасного груза на судно.

В статье выявлены общие наиболее важные меры, которые необходимо соблюдать при перевозке опасных грузов класса 7.

Перед погрузкой опасных грузов класса 7 в портах РФ администрация судна должна согласовать с грузоотправителем, администрацией порта и центром Госсанэпиднадзора порядок взаимодействия при аварийных ситуациях.

Перед погрузкой и в процессе погрузки к месту проведения работ не должны допускаться лица, не связанные с их осуществлением.

Перед погрузкой и в процессе погрузки грузовые единицы с опасными грузами класса 7 должны подвергаться наружному осмотру представителем судовой администрации (в присутствии представителя грузоотправителя) с целью установления их пригодности к перевозке.

Запрещается принимать к перевозке грузовые единицы:

- с признаками утечки или просыпания из них груза, в том числе при наличии следов утечки;
- при отсутствии на них надлежащих знаков опасности и маркировки;
- при истечении срока очередного освидетельствования и испытания упаковки. Особенно это важно для упаковок, предназначенных для перевозки гексафторида урана и других грузов, рассчитанных для работы при повышенном внутреннем давлении;
- при повреждении приспособлений для крепления, не позволяющих надежно закрепить грузовые единицы на судне;
- при несоответствии транспортного индекса, указанного в документах грузоотправителя.

При выявлении в процессе погрузки грузовых единиц с признаками утечки или просыпания из них груза или при наличии следов утечки или несоответствия транспортному индексу, указанному в документах грузоотправителя, грузовые операции должны быть прекращены для детального обследования грузовых единиц представителем грузоотправителя, включая проведение необходимых дозиметрических и радиометрических измерений.

При выявлении утечки содержимого упаковки с радиоактивными материалами грузоотправителем должна быть произведена дезактивация судна, портовых сооружений и другие мероприятия в соответствии с требованиями утвержденной инструкции по действиям персонала в аварийных ситуациях и планом организации работ по ликвидации последствий аварий при перевозках радиоактивных материалов (включая оповещение властей и другие действия, связанные с дополнительными мерами по защите людей, других грузов и окружающей среды).

Экипаж должен действовать в соответствии с требованиями аварийной карты на груз, инструкции по действиям персонала в аварийных ситуациях и планом организации работ по ликвидации последствий аварий при перевозках радиоактивных материалов, а также указаниями службы радиационной безопасности грузоотправителя (грузополучателя).

Работы по ликвидации аварии производятся под надзором Госсанэпидслужбы на транспорте в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99.

По окончании дезактивации допускается наличие нефиксированного загрязнения поверхностей:

- менее 4 Бк/см для бета- и гамма-излучателей и альфа-излучателей низкой токсичности
- менее 0,4 Бк/см² для всех других альфа-излучателей,

В соответствии с пунктом 513 Правил МАГАТЭ № ST-I после дезактивации уровень излучения, создаваемый фиксированным загрязнением не должен превышать 5 мкЗв/ч на поверхности; однако, если судно планируется в дальнейшем к утилизации в металлолом мощность дозы на поверхности металла (за вычетом природного фона) не должна превышать 0,2 мкЗв/ч в соответствии с СанПиН «Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при заготовке и реализации металлолома».

После ликвидации последствий аварии возобновление работ на судне разрешается центром Госсанэпиднадзора на транспорте.

При аварии в иностранных портах работы производятся под контролем местных властей и компетентных органов.

После окончания грузовых работ груз должен быть надежно закреплен во избежание его перемещения при неблагоприятных метеоусловиях.

В процессе погрузки и после ее завершения представителем администрации судна, обученным работе с дозиметрической аппаратурой, имеющейся на судне, могут проводиться дозиметрические и радиометрические измерения с целью оценки радиационной обстановки в месте проведения работ, и соответствия транспортного индекса, заявленному в документах грузоотправителя.

Радиационный контроль проводимый грузоотправителем, в соответствии с требованиями Правил МОПОГ, должен включать:

- измерение мощности эквивалентной дозы гамма-нейтронного излучения,
- измерение степени загрязнения наружных поверхностей радиационных упаковок и транспортных средств,
- определение, при необходимости, индивидуальных доз персонала, занятого погрузкой и перевозками, а также лиц охраны,
- радиационный контроль, включая определение индивидуальных доз персонала, во время аварий.

К перевозке допускаются грузы при наличии нефиксированного загрязнения поверхностей:

- менее 4 Бк/см² для бета- и гамма-излучателей и альфа-излучателей низкой токсичности,
- менее 0,4 Бк/см² для всех других альфа-излучателей.

Эти пределы применяются при усреднении на любой площади 300см² любой части поверхности (пункт 508 Правил МАГАТЭ № ST-I).

К проведению радиационного контроля могут привлекаться специалисты центров Госсанэпиднадзора на транспорте.

После погрузки, при необходимости перевозки на условиях исключительного использования, производится

ограждение мест расположения опасных грузов 7 класса (в закрытых грузовых помещениях) и выставляются знаки радиационной опасности.

Персонал, принимавший участие в непосредственной работе с грузом (контакт с его поверхностью во время осмотра, погрузки, крепления), должен принять душ.

Персонал, производивший работы по дезактивации, работы с грузом, имевшим нефиксированное загрязнение выше допустимого по нормативам, должен пройти радиационный контроль.

Загрязнение кожи, спецодежды, средств индивидуальной защиты не должно превышать допустимого по НРБ-99, загрязнение личной одежды и обуви не допускается в соответствии с ОСПОРБ-99.

ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНЫМ ТОКОВЫМ ДВУХЗВЕННЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Ефимов Александр Андреевич

д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения

PREDICTIVE CONTROL ACTIVE CURRENT TWO-UNIT FREQUENCY CONVERTER

Efimov Aleksandr, Dr. Sc., Tech., Professor, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

АННОТАЦИЯ

Разработаны функциональная и структурная схемы системы автоматического регулирования активного токового двухзвенного преобразователя частоты, проведен синтез регуляторов сетевых токов и выходных напряжений преобразователя частоты. В соответствии с разработанным математическим описанием системы автоматического регулирования активного токового преобразователя частоты была разработана в среде Delphi моделирующая программа, позволяющая анализировать энергетические и динамические показатели работы преобразователя. Представлены результаты математического моделирования и экспериментальных испытаний разработанной системы автоматического регулирования преобразователя.

ABSTRACT

Designed functional and structural schemes of active current two-unit frequency converter's automatic control system, synthesis regulators of net currents and output voltages of frequency converter is executed. In accordance with the developed mathematical description of active current frequency converter's automatic control system the simulating program on Delphi was developed, which makes it possible to analyze the energy and dynamic performance of the converter. The results of mathematical simulation and experimental research developed converter's automatic control system are represented.

Ключевые слова: активный преобразователь тока, прогнозирующее релейно-векторное управление, алгоритмы управления, математическое моделирование.

Keywords: Active Current Converter, Predictive Relay-Vector Control, Control Algorithms, Mathematical Modeling.

Совершенствование силовых полупроводниковых приборов, появление полностью управляемых силовых полупроводниковых ключей с односторонней проводимостью возрождают интерес к схемам двухзвенных преобразователей частоты (ДПЧ), выполненных на базе автономного инвертора тока (АИТ). На начальном этапе развития преобразовательной техники схема автономного тиристорного инвертора с прямой коммутацией послужила основой построения уникального класса стабилизированных преобразователей частоты с синусоидальным выходным напряжением, широко используемых в системах электроснабжения (СЭС) разделительных производств, обеспечивающих получение изотопов тяжелых веществ, а также созданию систем бесперебойного электропитания. Новейшая элементная база силовой электроники, наличие специализированных микроконтроллеров, способных реализовать в реальном времени сложные импульсно-модуляционные алгоритмы управления простейшими силовыми схемами активных токовых преобразователей с целью повышения их энергетических показателей и улучшения динамических характеристик, ставят на повестку дня задачу развития и совершенствования активных токовых ДПЧ с синусоидальным выходным напряжением, изыскание возможностей их использования, как в традиционных областях применения: СЭС разделительных про-

изводств, гарантированного электропитания, так и расширение этих областей применения на системы общепромышленного регулируемого электропривода переменного тока.

Целью работы является представление алгоритма прогнозирующего релейно-векторного (ПРВ) управления и системы автоматического регулирования (САР) ДПЧ на основе активного выпрямителя тока (АВТ) и АИТ, которые обеспечивают синусоидальные входные токи и выходные напряжения ДПЧ, качественные динамические характеристики, энергетическую совместимость преобразователя с питающей сетью и нагрузкой.

Принципиальная схема активного токового ДПЧ [1, с. 220], являющегося предметом рассмотрения и объекта управления в данной работе, представлена на рисунке 1. Она состоит из двух последовательно включенных силовых полупроводниковых преобразователей – АВТ и АИТ, соединенных звеном постоянного тока, в кото-

ром устанавливается сглаживающий реактор L_d . Силовые схемы АВТ и АИТ выполняются на полностью управляемых ключах с односторонней проводимостью. На входе АВТ устанавливается сетевой LC-фильтр с параметрами L_ϕ , R_ϕ , C_ϕ , на выходе АИТ – емкостной фильтр C_u , параллельно которому подключается нагрузка, имеющая в

общем случае активно-индуктивный характер с противо-ЭДС. В системах электропривода нагрузкой ДПЧ являются двигатели переменного тока.

Математическое описание АВТ, а также результаты анализа и синтеза его векторной САР с использованием алгоритмов синусоидальной и векторной ШИМ для подобного класса активных преобразователей представлены в [1, с.150; 2, с.43].

В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее перспективным способом управления активными преобразователями напряжения является способ прогнозирующего релейно-векторного управления [1, с.194; 3, с. 44], который и был использован в дальнейшем при синтезе САР активного токового ДПЧ.

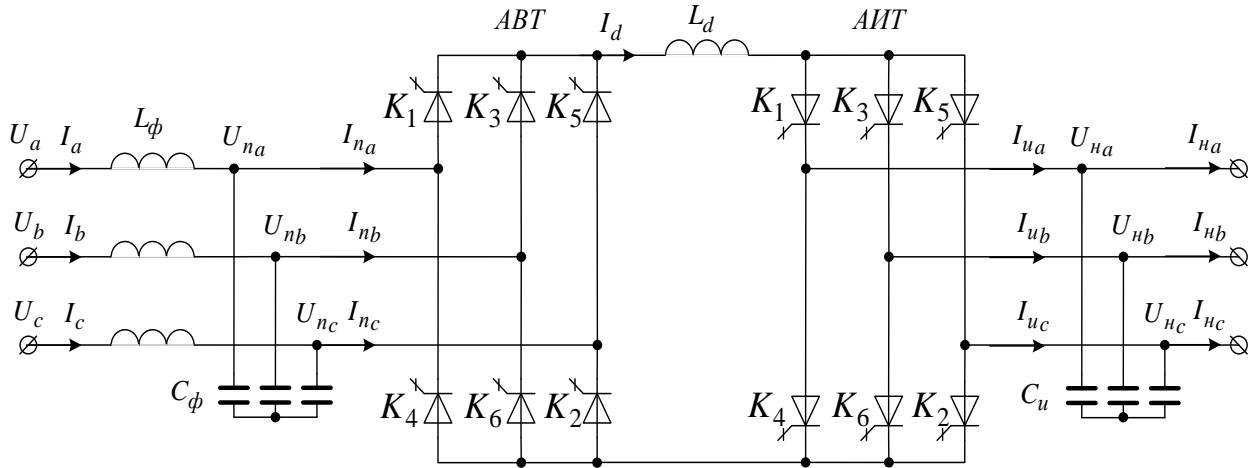


Рисунок 1. Схема трехфазного активного токового ДПЧ

Стратегия прогнозирующего релейно-векторного (ПРВ) управления предполагает наличие математической модели объекта управления, определяющей полные векторы переменных состояния и возмущений, а также состав управляющих воздействий и их возможные значения. Кроме того, предварительно, на основе анализа модели выбирается состав независимых координат, управляемых в рамках ПРВ стратегии. На основе математической модели осуществляется прогноз поведения объекта на интервале управления Δt и определяются оптимальные значения управляющих воздействий, реализуемые на текущем интервале управления. В том случае, когда объектом управления является АВТ, содержащий полупроводниковый коммутатор (ПК) и сетевой LC-фильтр, управляющими воздействиями являются сигналы, поступающие на информационный вход АВТ I_c^* .

Прогнозирование осуществляется путем численного решения на интервале управления Δt , например методом Эйлера, векторных уравнений сетевого LC-фильтра, которое в неподвижной координатной системе (α, β) записывается в виде:

$$I_c = K_1 \cdot U_c^0 + K_2 \cdot I_c^0 + K_3 \cdot U_{\Pi}^0 + K_4 \cdot I_{\Pi}. \tag{4}$$

где I_c , U_c , U_{Π} , I_{Π} - векторы сетевых токов, сетевых напряжений, напряжений на конденсаторах LC-фильтра, токов на входе ПК соответственно; K_i - постоянные коэффициенты; индекс ноль относится к значениям переменных на начало Δt . Вектором воздействия считаем I_{Π} , который изменяется в связи с изменением состояний ключей ПК, зависящих от I_c^* , управляемой переменной – век-

тор сетевых токов I_c . При Δt на порядок меньше периода собственных колебаний LC-фильтра, K_i определяются по выражениям:

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{\Delta t}{L_{\phi}}, \\ K_2 &= \frac{\Delta t}{L_{\phi}} \cdot \left(-R_{\phi} - \frac{\Delta t}{C_{\phi}} \right) + 1, \\ K_3 &= -\frac{\Delta t}{L_{\phi}}, \\ K_4 &= \frac{\Delta t^2}{L_{\phi} \cdot C_{\phi}}. \end{aligned} \tag{5}$$

Поиск управляющего воздействия может быть проведен методом прямого или обратного прогноза.

При прямом прогнозе по уравнениям (4,5), последовательно перебирая все значения вектора тока на входе АВТ - I_{Π}^i , находится единственный образующий вектор токов сети - I_{ci} , наиболее близкий к вектору задающего воздействия I_c^* . Индекс $i=1,2,..6,0$ соответствует номеру образующих векторов АВТ, из которых шесть – ненулевых и один – нулевой.

Обратный прогноз осуществляется путем нахождения желаемого задающего вектора тока на входе ПК I_c^* , при условии, что задача управления идеально решена в конце текущего интервала управления, т.е. $I_c = I_c^*$. Тогда I_c^* в конце интервала управления Δt вычисляется по формуле:

$$I_c^* = -\frac{C_\phi}{\Delta t} \cdot U_c^0 + (1 + \frac{R_\phi \cdot C_\phi}{\Delta t} - \frac{L_\phi \cdot C_\phi}{\Delta t^2}) I_c^0 + \frac{C_\phi}{\Delta t} \cdot U_n^0 + \frac{L_\phi \cdot C_\phi}{\Delta t^2} \cdot I_c^{*0} \quad (6)$$

По результатам обратного прогноза выбирается из всех реализуемых образующих векторов тока АВТ, то значение вектора тока на силовом входе ПК I_{pi} ($i = 1, 2, \dots, 6, 0$), которое наиболее близко для текущего интервала управления к рассчитанному желаемому задающему вектору на управляющем входе АВТ - I_c^* . И на этом интервале реализуется соответствующее I_{pi} состояние ключей ПК.

Аналогичный подход был применен в случае, когда объектом управления является ПК инвертора тока с выходным емкостным фильтром. Уравнения емкостного фильтра на интервале управления при использовании метода Эйлера, в векторной форме в неподвижной координатной системе (α, β) записывается в виде

$$U_n = U_n^0 - \frac{\Delta t}{C_u} I_n^0 + \frac{\Delta t}{C_u} I_n \quad (7)$$

где U_n, I_n, I_n - векторы напряжений нагрузки, токов нагрузки, токов на выходе ПК АИТ соответственно.

Вектором воздействия считаем I_n , управляемой переменной – вектор напряжений нагрузки U_n . Индекс ноль относится к значениям переменных на начало интервала управления Δt . Поиск управляющего воздействия для АИТ может проводиться аналогично алгоритму ПРВ управления сетевыми токами АВТ с использованием прямого или обратного прогноза.

Разработанные алгоритмы прогнозирующего релейно-векторного управления АВТ и АИТ были реализованы в специализированном сигнальном микроконтроллере фирмы Texas Instruments TMS320F243, характеризующимся высоким быстродействием. Это существенно, так как длительность интервала управления Δt в разработанных алгоритмах примерно на порядок меньше периода широтно-импульсной модуляции, используемой в традиционных алгоритмах управления преобразователями.

На основе алгоритма ПРВ управления была синтезирована векторная САР ДПЧ, функциональная схема которой представлена на рисунке 2.

В структуре САР ДПЧ САР АВТ является внутренним контуром регулирования, а САР АИТ – внешним. Регулирование осуществляется в неподвижной

системе координат (α, β) . САР АВТ выполнена двухконтурной, содержащей ПРВ - регулятор сетевых токов (ПРВ-РСТ) и внешний ПИ-регулятор выпрямленного тока (РВТ). При этом ПРВ-РСТ осуществляет непосредственное управление состояниями ключей ПК АВТ. РВТ регулирует выпрямленный ток, формируя задание на активную составляющую потребляемого из сети тока I_x^* .

В состав САР АВТ входят датчики фазных токов (ДФТ), датчики фазных напряжений (ДФН), датчик выпрямленного тока (ДВТ), преобразователи координат напряжений (ПКН), токов (ПКТ), преобразующие фазные величины в неподвижную

систему координат (α, β) , преобразователи координат заданий на сетевые токи (ПКЗТ). Блок ориентации (БО) вычисляет направляющие синус и косинус вектора сетевого напряжения.

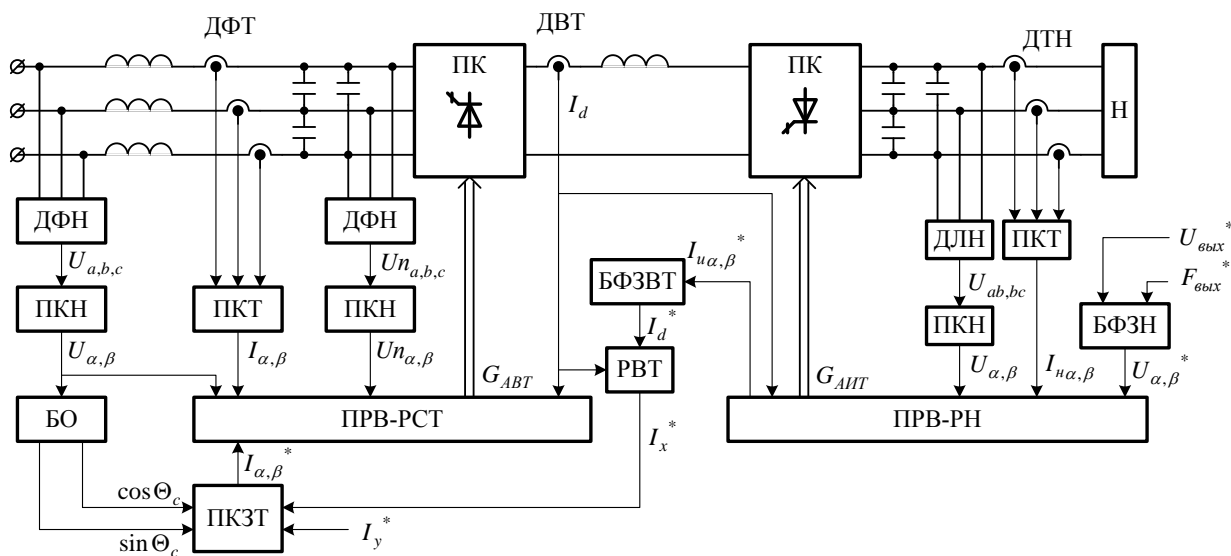


Рисунок 2. Функциональная схема САР ДПЧ

Задание на реактивный ток I_y^* может поступать от внешнего регулятора реактивной мощности. В данной работе установлено $I_y^* = 0$, что обеспечивает нулевой фазовый сдвиг между сетевыми фазными напряжениями и токами. САР АИТ состоит из датчиков выходного линейного напряжения (ДЛН), датчиков тока нагрузки (ДТН), преобразователей координат напряжения (ПКН) и тока (ПКТ) в систему координат (α, β) , ПРВ - регулятора выходного

напряжения (ПРВ-РН), формирующего управляющие сигналы для силовых ключей ПК АИТ. Для связи САР АИТ и САР АВТ служит формирователь задания на выпрямленный ток I_d^* (БФЗВТ), который вырабатывает I_d^* на основании расчета модуля желаемого образующего вектора АИТ, рассчитанного в ПРВ-РН. На рисунке 3 представлены результаты моделирования процессов в преобразователе при отработке ступенчатого задания на амплитуду выходного напряжения, которые показывают высокое качество

переходных процессов. Время отработки задания составило 3 мс. Также математическим моделированием и экспериментальными исследованиями опытного образца активного токового ДПЧ, была доказана возможность его

работы в составе частотно-управляемого асинхронного электропривода в диапазоне изменения выходной частоты и напряжения 1:10 без переключения величин емкостей АИТ.

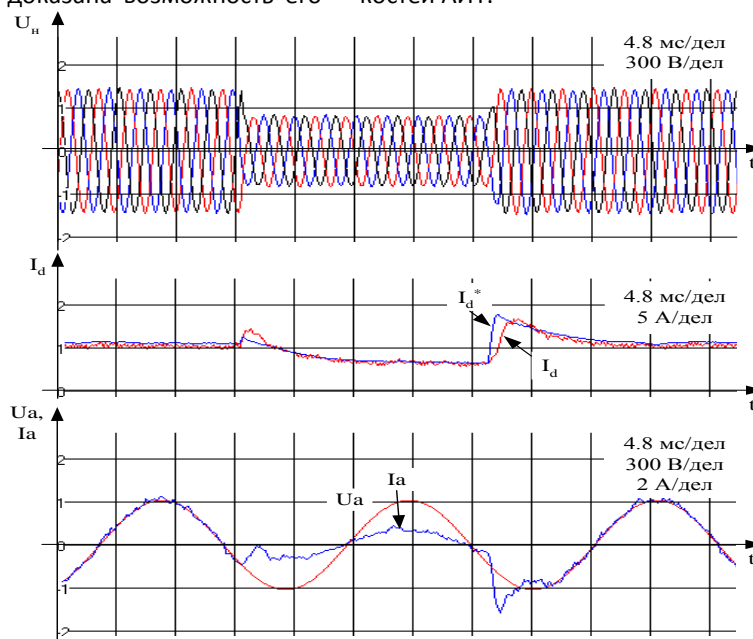


Рисунок 3. Результаты моделирования процессов в замкнутой САР ДПЧ

Осциллограммы, иллюстрирующие работу опытного образца АВТ показаны на рисунке 4,а. На рисунке 4,б представлены результаты моделирования работы САР АВТ. Представлены осциллограммы: задания I_d^* на выпрямленный ток, выпрямленного тока I_d , сетевого

фазного напряжения U_a и сетевого фазного тока I_a . По результатам моделирования коэффициент гармоник сетевого тока составил 10%, полученный экспериментально – 9%.

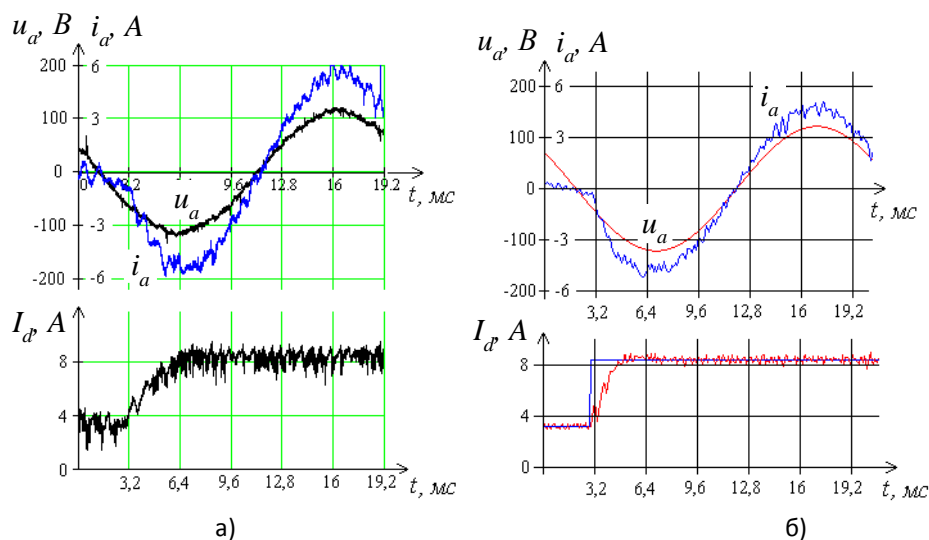


Рисунок 4. Фазные напряжение и ток, выпрямленный ток при отработке задания на величину выпрямленного тока: а) – эксперимент; б) – моделирование

Время отработки скачка задания на выпрямленный ток составило 3 мс. Представленные данные свидетельствуют о хорошем совпадении результатов.

ВЫВОДЫ

1. Использование алгоритмов ПРВ управления позволяет упростить структуру системы регулирования. Разработанная процедура синтеза прогнозирующих релейно-векторных регуляторов является достаточно простой, хорошо адаптированной для

микропроцессорной реализации, а синтез ПИ-регуляторов - традиционный, полностью идентичный таковому в системах подчиненного регулирования. Прогнозирование с учетом задержек, вносимых микропроцессорными системами регулирования, наиболее просто может быть реализовано при прямом прогнозе [1, с. 165].

2. Возможности независимого формирования кривой выходного напряжения и регулирования его частоты при работе активного токового ДПЧ в режимах высокочастотных переключений обеспечивают существенное уменьшение реактивных элементов преобразователя и его применимость в системах частотно-управляемого электропривода при неизменных значениях емкостей выходного фильтра АИТ.
3. Используемый в составе ДПЧ активный выпрямитель тока может успешно применяться для модернизации традиционных тиристорных электроприводов постоянного тока, в плане замены в них тиристорных выпрямителей с системами импульсно-фазового управления на активные, с целью повышения их динамических и энергетических показателей.

Список литературы

1. Ефимов, А.А. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока./А.А. Ефимов, Р.Т. Шрейнер. Новоуральск: Изд-во НГТИ, 2001. - 250 с.
2. Шрейнер, Р.Т. Математическое описание и алгоритмы ШИМ активных выпрямителей тока/Р.Т. Шрейнер, А.А. Ефимов, А.И. Калыгин//Электротехника. 2000. №10. - С.42-49.
3. Прогнозирующее релейно-векторное управление активными преобразователями частоты в системах электропривода переменного тока/Р.Т. Шрейнер, А.А. Ефимов, Г.С. Зиновьев, К.Н. Корюков, И.А. Мухаматшин, А.И. Калыгин//Электротехника. 2004. № 10. - С.43-50.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ С ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕНИЯ РЕСУРСОВ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Елашева Ольга Михайловна

кандидат техн. наук, доцент

Смирнова Людмила Николаевна

кандидат техн. наук, доцент, Самарский государственный технический университет, г. Самара

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE REALIZATION OF THE WITHDRAWALS OF OIL OUTPUT FOR THE PURPOSE OF THE EXPANSION OF THE RESOURCES OF PETROLEUM RAW MATERIAL

Olga Mikhaylovna Elasheva, the candidate of tech. sciences. the docent of the department Ludmila Nikolaevna Smirnova the candidate of tekh sciences, docent, Samarskiy state technical university, g. Samara

АННОТАЦИЯ

Исследование состава и свойств асфальто-смолистых отложений (АСПО) различных месторождений России. Определено содержание АСПО и парафинов. Извлечение и переработка АСПО расширяет ресурсы сырья и улучшает экологическую обстановку в нефтяных регионах.

ANNOTATSIIYA

A study of composition and properties of the asphalt-resinous deposits (ASPO) of different layers of Russia. Is determined the content ASPO paraffins. Extracting and processing ASPO enlarges the resources of raw material and improves the ecological situation in the petroleum regions.

Ключевые слова: асфальто-смолистые отложения, парафиноцерезиновые композиции.

The keywords: asphalt-resinous deposits, paraffin-ceresin compositions.

Проблема утилизации нефтесодержащих отходов до сих пор является одной из наиболее технически сложных и дорогостоящих проблем охраны окружающей среды. Ежегодно более 200тыс.тонн отходов складывается на территории предприятий. Для очистки почвы и воды от нефтепродуктов применяются биотехнологические методы, приводящие к трансформации вредных веществ в более простые экологически безвредные вещества.

В нефтедобывающих регионах России имеются значительные ресурсы асфальто-смолистых парафиновых отложений (АСПО), которые образуются при добыче и транспортировке нефти в подъемных колоннах фонтанных и глубинно-насосных скважин, в промысловых и магистральных нефтепроводах и в резервуарах. Данные ресурсов 2005года приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ресурсы АСПО по регионам и месторождениям после очистки труб

Регионы нефтедобычи	Количество очищаемых труб от АСПО в год, штук	Годовое количество АСПО, тонн
Самарский регион	40000	12000
Республика КОМИ	50000	15000
Ноябрьскнефтегаз	70000	21000
Нижневартовскгаз	80000	24000
Кагалымнефтегаз	70000	21000
Турнефтегаз	40000	12000
Урингойнефтегаз	40000	12000
Наганьнефтегаз	50000	15000
Итого:	440000	132000

Накопленные АСПО подвергаются захоронению в бортах, отвалах, ямах, накопителях и частично сжигают, что приводит к потере важных компонентов нефти, загрязнению окружающей среды, нарушает экологическое равновесие в природе[1].

Для определения экономической целесообразности переработки АСПО, ассортимента и качества получаемых продуктов были исследованы образцы этих отложений, отобранных из амбаров, насосно-компрессорных труб (НКТ) и другого промышленного оборудования по месторождениям России, характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание парафиноцерезиновых и асфальто-смолистых компонентов в АСПО

Месторождение	Место образования АСПО	Содержание парафинов и асфальто-смолистых веществ,%		Температура плавления °С	
		парафины	асфальто-смолистые вещества	парафины	АСПО в целом
Олейниковское	НКТ	33,3	5,9	85	75-78
	НКТ(200 м)	52	9,1	87	84
	Устьевой штуцер	47,2	4,7	86	75-76
	НКТ	70,9	6	87	75-78
	Нефтепровод	38,2	6,4	87	80-81
	Нефтеналивная установка	60	5,1	87	82-83
Тенгутинское	Устьевой штуцер	43,4	6,1	77	74-76
Жирновское	НКТ(80 м)	57,4	6,6	68	63-64
	Выкидная линия	46,8	6,6	71	62-64
	НКТ(200м)	64,1	4,5	78	76
	НКТ(200 м)	44,5	16,5	76	75
	Выкидная линия скважин	47,3	14,3	-	68
	Коллектор дожимной насосной станции	39,4	8,2	71	64
Камышинское	Устьевой штуцер	65,4	1,6	79	74
Коробковское	НКТ(150 м)	47,4	11,3	-	75-78
Кудиновское	НКТ(250 м)	39,1	6	78	77

В исследованных образцах содержание ценных парафиноцерезиновых компонентов с температурой плавления 66-84 °С составляет 40-60%(масс) Поэтому более

полно были исследованы образцы АСПО Самарского региона и Западной Сибири. Содержание органической составляющей в них значительно больше- 75-90[2]. В таблице 3 представлены основные показатели АСПО для различных месторождений.

Таблица 3

Характеристики выделенной органической части АСПО,отобранных на промыслах

№ п/п	Показатели	Нижне-вартовская нефть (из амбара)	Кагалым-Нефть (из амбара)	Самаранефтегаз	
				из амбара	из НКТ
1	Выход % (масс) на АСПО	72,5	37,2	81,8	90,1
2	Глубина проникновения иглы при 25 °С	27	66	42	26
3	Температура размягчения, °С	83	74	75	67
4	Температура вспышки °С	197	183	223	178
5	Компонентный состав углеводородов,%		67,3	34,0	70.9
	Парафиновые, (t ^{пл} °С)	29(73)	67,3(70,4)	34,0(72,5)	70.9(64)
	Парафиноцерезиновые, (t ^{пл} °С)	43,8(75)	12,7(77)	47.0(76)	21,9(48,5)
	Асфальто-смолистые	19,2	6,4	13,6	5,3
	Неорганическая часть	8,0	13,6	5,4	1,9

Неорганическая часть состоит из: оксидов кремния и железа (песок и продукты коррозии), а также небольшие количества (менее 1%), соединения натрия, алюминия, цинка и других металлов.

Исследования, представленные в таблице 3 показали, что содержание органической части отложений АСПО парафиноцерезиновых компонентов с температурой плавления 70-80 °С составляет 30-75 % (масс), в то время как в самой нефти содержание высокоплавких углеводородов не превышает нескольких процентов, что позволяет использовать АСПО, что свидетельствуют о перспективности использования АСПО

Исследование состава и свойств АСПО разных месторождений также показало значительное различие характеристик, и следовательно, необходимо выбора варианта переработки, а именно, для получения парафиноцерезиновых композиций и битумов.

Решение проблемы использования АСПО включает:

- извлечение твердых нефтешламов из амбаров;

- первичная очистка АСПО от воды и механических примесей с выделением органической части;
- выделение органической части в зависимости от выбранного варианта переработки.

Организация извлечения и переработки АСПО позволяет расширить ресурсы сырья для производства пластичных смазок изоляционных материалов и других товаров народного потребления, с то же время, значительно улучшить экологическую обстановку в нефтяных регионах

Литература

1. К.М.Бадыштова, Т.Н.Шабалина, О.М. Елашева. и др. Альтернативное сырье для производства парафиноцерезиновой композиции. «Химия и технология топлив и масел», №3, 1996г. с 35-37
2. Елашева О.М. Мониторинг сырья – основа эффективной технологии его переработки/О.М.Елашева, Т.А.Устинова и др. Химия и технология топлив и масел.-2003, №3-с.9-11.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ГИБКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ермаков Александр Станиславович

кандидат техн. наук, доцент, Российский Государственный Университет туризма и сервиса, г. Москва

REQUIREMENTS TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

Ermakov Alexander S., Candidate of Sciences, associate Professor Russian State University of Tourism and Service, Moscow

АННОТАЦИЯ

Построение эффективного процесса для выпуска различных по характеристикам и параметрам продукции требует создания гибких технологических систем. Системный анализ и функционального моделирования позволило установить требования к оборудованию, используемому в гибких технологических системах швейных процессов. Установлено, что структурное построение технологического оборудования наиболее рационально сформировать на основе построения структурных единиц: гибких швейных технологических систем. К тому же предложено рабочий процесс гибких швейных технологических систем вести с применением гибкой технологии машинного стежка. Полученные результаты могут быть использованы при создании гибких технологических систем и, в частности, при разработке гибких швейных технологических производств для индивидуального пошива изделий, малой и средней мощности.

ABSTRACT

Building an effective process for the production of different characteristics and parameters of production requires the creation of flexible manufacturing systems. Systems analysis and functional modeling has allowed to establish requirements for the equipment used in flexible technological systems sewing processes. It was found that the structural construction of process equipment in the most rational form based on the construction of structural units: flexible sewing technology systems. In addition, the suggested workflow flexible sewing technology systems lead to the use of flexible technology machine stitch. The results can be used to create flexible manufacturing systems and, in particular, the development of flexible sewing technology industries for tailoring products, low and medium power

Ключевые слова: гибкие производства, технологические возможности, швейные машины.

Keywords: flexible production, technological capabilities, sewing machines.

Для повышения эффективности использования технологического оборудования в производстве изделий, как существующего оборудования, так и проектируемого – необходимо точно знать требования к его характеристикам и показателям. Наиболее рациональным способом организации производства отвечающего сменяемости конструктивно-технологических характеристик производимых изделий является гибкие технологические системы (ГТС). Однако существующее в литературе требования [2,

4, 7, 8] к технологическому оборудованию для ГТС отражают лишь отдельные его параметры и не учитывают возможного всего его разнообразия.

В данной статье выполнен системный анализ требований к различным составляющим технологического оборудования для обеспечения функциональной его гибкости.

Объектом исследования являлось функционирование швейных машин в гибких технологических системах,

их структурный состав и факторы, влияющие на качество и надежность их рабочих процессов.

При этом методами исследования являлись системный анализ, теория распознавания, классификации и моделирования процессов.

При формировании концепции построения технического оснащения гибкой технологии изготовления швейных изделий предполагает прежде всего рассмотрение характерных черт и признаков, критериев гибкости технологии, их существа и прикладного значения. Понятие «гибкость» в приложении к гибким производственным системам соотносится с их быстрой приспособляемостью, адаптивностью, легкой перенастраиваемостью, относительно простой сочетаемостью с другими системами и встраиваемостью в них, с их универсальностью и разносторонностью. Понятие «гибкость» следует рассматривать как возможность получения многовариантных решений в техническом оснащении процесса с сохранением их высокой эффективности без изменений принципов технологии. Обобщенно существо гибкой технологии изготовления швейных изделий заключается в диалектическом единстве ее унифицированности и многовариантности.

Главным в качественных критериях гибкости является применимость технологии с ее сохраняющимися неизменными основными признаками к разным начальным условиям и выдвигаемым требованиям.

В отношении технологии изготовления швейных изделий на швейных предприятиях бытового обслуживания, можно говорить о следующих неизменных основных ее признаках:

- характерный состав и наличие общих организационно-технологических единиц (технологических систем) в технологических процессах, реализующих единую последовательность и совокупность этапов изготовления изделий из исходного сырья, включающая раскрой, начальную обработку, узловую обработку, сборочно-монтажные временные, примерку, сборочно-монтажные постоянные и влажно-тепловую обработку;
- наличие в технологическом процессе технологических операций, использующих машинные стежки, присутствие во всех организационно-технологических единицах технологических процессов (технологических системах), а именно – предметов труда, исполнителя, технических средств, выполняющих регламентированные технологические действия;
- единая совокупность структуры применяемых аппаратов и оборудования для реализации этапов технологии и ее процессов;
- единое структурное решение машин, выполняющих соединения швейных изделий через выполнение машинных стежков;
- при возможном разнообразии парка швейных машин, определяющим фактором технологических и технических характеристик их функционирования, являются рабочие процессы выполнения ими машинных стежков.

Наиболее эффективный ее способ реализации – это построение в виде ГТС. Для использования технологического оборудования в ГТС оно должно соответствовать ряду критериев. и в соответствии с ними – быть наиболее

эффективно адаптирован к данным признакам технологии.

Для адаптации технологических возможностей швейных машин к данной технологии они должны иметь высокое значение критерия технологической гибкости. Критерием технологической гибкости швейной машины является зависимость от количества технологических функций выполняемых швейной машиной и ее отношение к затратам на их исполнение. Машины с высоким критерием технологической гибкости имеют значительную долю технологических операций, выполняемых ими, в общем количестве технологических операций процесса изготовления швейных изделий в технологической системе производства с возможностью обратимости (восстановления в исходное состояние) и адаптации к изменениям условиям функционирования.

Также принятые в гибкой технологии и другие критерии оценки гибкости оборудования:

- коэффициент загрузки машины в процессе, как соотношение трудоемкости операций, выполняемых в процессе машиной к общей трудоемкости изготовления процесса;
- гибкость – количественное изменение технологических характеристик (параметров) швейной машины (технологической системы) к общему количеству технологических параметров процесса;
- обратимость – затраты на переход, наладку, управление машиной с одной технологической операции на другую;
- адаптация - степень приспособления к условиям эксплуатации и др.

Но не один из рассмотренных критериев не указывает на количественные их параметры для проектируемых процессов. Исследование необходимого уровня гибкости технологического оборудования в реализации ГТС швейных изделий необходимо вести, с учетом возможной: разновидности обрабатываемых материалов, разнообразия ассортимента изделий, расширения областей применения материалов и изделий, многовариантной реализации технологии при ремонте изделий из различных по качеству и составу материалов. При этом гибкость реализации технологии рассматривает многовариантность компоновочных решений технологических процессов, масштаб и мощность технологических линий, возможность встраивания технологии в инфраструктуру предприятий других отраслей, а также создания индивидуальных технологических систем, используемых в быту.

Структура и состав технологических систем определяют технологию выполнения начальной обработки, узловой обработки и сборочно-монтажных операций до и после примерки. Технология изготовления изделий определяется свойствами обрабатываемого материала и его конструктивно-технологическим решением, что влияет на вид машинного стежка.

Гибкость номенклатуры обрабатываемых материалов при условии обеспечения качества достигается автоматизацией (рис. 1) подбора (CAM) рационального параметров соединений и технологией их выполнения, в том числе зависит и от действий оператора и состояния технических средств.

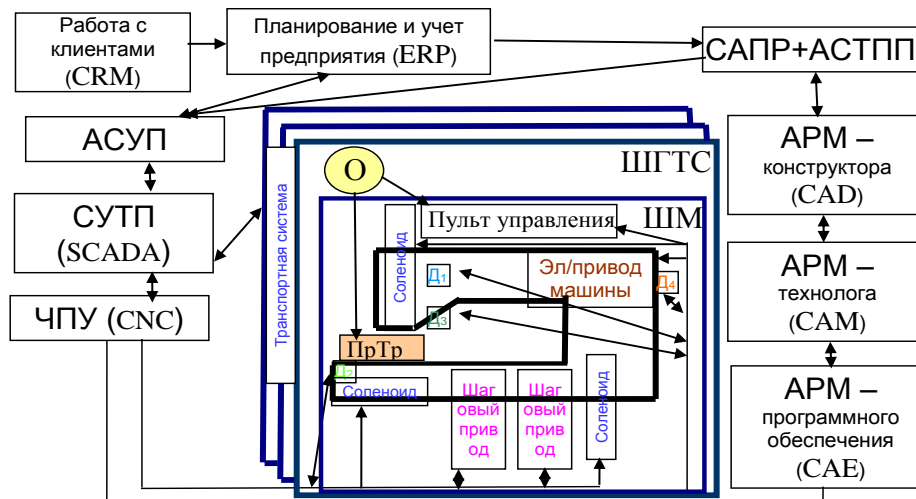


Рис. Общая структура применения технологий CALS в гибкой технологии швейных изделий

Гибкость конструктивно-технологических решений изготавливаемых изделий обеспечивается автоматизированным проектированием его конструкции (CAD) через многовариантность наличия конструктивно-отделочных элементов в изделиях при унификации отдельных технологических параметров и программного управления выполнением разнообразных геометрических их параметров, состава и сочетания в изделиях и другое.

Гибкость организационной структуры технологического процесса устанавливается за счет использования гибкой компьютеризированной системы управления (SCADA) связями между организационно-технологическими единицами, группирования технологических операций по свойствам обрабатываемых материалов и формированием для технологического процесса состава технологических систем с разнообразными технологическими возможностями, транспортными средствами и организационной оснасткой, мобильным кадровым обеспечением и др.

Гибкость технологии на каждом этапе изготовления швейного изделия может быть обеспечена за счет автоматизации ее проектирования (CAM) и определения структуры и состава технологических операций, управления технологическими режимами в которых производится через использование швейных машинах с электронным управлением (CNC), автоматизировано функционирующих и управляющих приемами выполнения операции (действий вспомогательных, основных и заключительных) по разработанному программному обеспечению (CAE). Технологические связи между операциями в процессе осуществляются с использованием системы управления технологическим процессом (SCADA).

Таким образом, ГТС швейных изделий требует применения разнообразного состава структурных ее элементов - гибких швейных технологических систем. Под гибкой швейной технологической системой (ГШТС) понимаем совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства (обрабатываемый материал и сырье) и исполнителей для выполнения в регламентируемой гибкой технологией выполнения операций с возможностью быстрой их смены, восстанавливаемости и адаптируемости к обрабатываемым материалам, параметрам операции и процессу.

Понятие ГШТС позволяет рассматривать с единых позиций функционирование швейной машины в этой технологической системе при реализации организационной, структурной и технологической видов ее гибкости.

Основа гибкости ГШТС и определяется при формировании ее технологических возможностей (рис. 2).

Параметры функционирования ГШТС устанавливаются из требований потребителя, принятой системе и технологии оказания. Во многом гибкость ГШТС устанавливается возможностями ее технологических средств, т.е. технологическими возможностями рабочих процессов швейных машин.

Параметры функционирования швейной машины в гибкой швейной технологической системе устанавливаются из требований технологии выполнения швейных операций при пошиве изделий. При выполнении швейных операций образованием цепных стежков на ГШТС возможно изменение следующих ее характеристик:

- технологических (параметры операции, шва, строчки, стежка на полуфабрикате, нитки, материал);
- технических (частота вращения главного вала, мощность, уровень шума, вес, габариты, дополнительные устройства, инструменты);
- эксплуатационных (система управления и степень автоматизации, самовосстановления, квалификация оператора и др.);
- сервисных (система диагностики, виды обеспечений) и др.

Оператор, эксплуатирующий ГШТС, должен иметь выполнять, совершенствовать и моделировать разнообразные технологические решения изделия. Это возможно если переход с одной технологической операций на другую происходит с минимальными усилиями и затратами как временными, физическими так и интеллектуальными. При таком решении данной проблемы требует создания ГШТС с применением интеллектуальной гибкой швейной машины, реализующим гибкую технологию машинного стежка. Под гибкой технологией машинного стежка (ГТМС) представляем технологию взаимодействия рабочих инструментов с нитками(ой) и обрабатываемым материалом при образовании машинных стежков с различными технологическими параметрами и режимами с возможностью, автоматизированной их переналадки, управления, самодиагностики и самоорганизации. Основными требованиями к ГТМС:

- адаптируемость к изменениям: пакета материала; моделей изделий, т.е. способность простого и

- быстро переключения с одного параметра обработки на другой;
- надежность рабочих процессов: устойчивость к возмущениям, к изменениям режимов обработки; стабильность; восстанавливаемость.

- простота в эксплуатации и управлении и др.;
- Таким образом, ГШТС должна отвечать требованиям, представленным на рис. 3.



Рисунок 2. Факторы, влияющие на параметры гибкой швейной технологической системы



Рисунок 3. Структура требований к характеристикам швейной технологической системы

Таким образом, обеспечение ГТС может быть достигнуто за счет использования комплекса различных видов обеспечений (рис. 4).

Гибкость технологической системы определяется теми возможностями, когда в ней, с учетом спроектированных параметров конструктивно-технологического ре-

шения по обработке изделия, могут изменяться ее характеристики с обеспечением ее высокой производительности и качества работы в процессе.

В ГШТС реализуются технологические способы обеспечения гибкости через каждую ее структурную составляющую от сырья, предметов труда до оператора (см. фрагмент табл. 2).

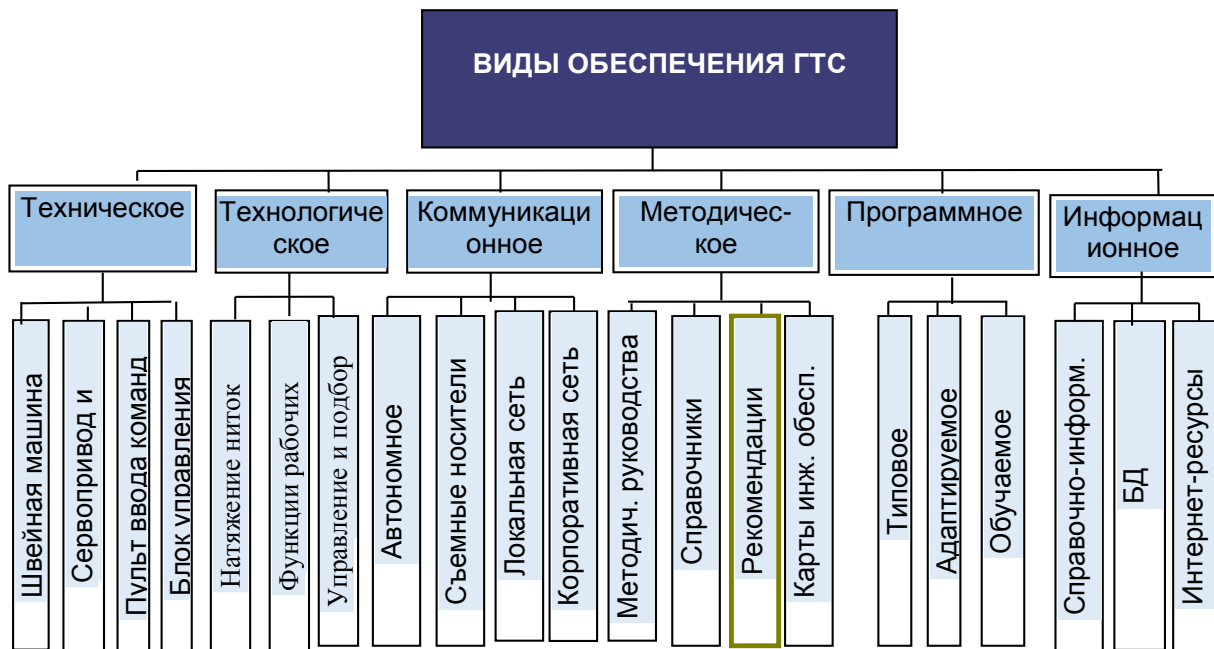


Рисунок 4. Виды обеспечений гибких технологических систем (ГТС)

В швейных гибких технологических системах используются технические средства (швейные машины) с гибкой системой управления ее рабочими процессами (CNC), с быстросменными или многопозиционными рабочими инструментами (табл. 1), средствами технологической оснастки с учетом свойств обрабатываемых материалов и применяемых ниток, использование которых в операции и действия оператора (если предусматривается его

участие) осуществляется по программе, разработанной в системе автоматизированного проектирования технологии (САМ) и другое.

Обеспечение функциональной гибкости швейной машины достигается прежде изменением параметров ее рабочих процессов с помощью средств (рис.5), участвующих в образовании машинного стежка.

Таблица 1

Технические средства обеспечения функциональной гибкости технических средств технологической системы

Уровень	I	II	III	IV
Объект	Рабочий инструмент	Механизм	Машина	Установка
Способ обеспечения гибкости объекта	Быстросъемный	С перенастраиваемым конструктивным решением В съемном модуле, агрегатном устройстве или приставке Подключаемый к - или отключаемый от образования стежка С управляемыми по программе параметрами С многопозиционной установкой Комбинирование способов Другие	Многофункциональные возможности механизмов Дополнительный набор механизмов и устройств Управление параметрами механизмов по сменяемому Управление параметрами механизмов через ЦПУ Комбинирование способов Другие	Смена машин на рабочем месте по программе Изменяемая комбинация машин в установке Поворотный стол Роботизированный комплекс Система транспортных связей между машинами Комбинирование способов Другие
	Многопозиционная установка			
	Переключение из одной позиции в другую			
	Установка дополнительных деталей на нем			
	Комбинирование способов			
	Другие			
	С перенастраиваемым конструктивным решением			
	В съемном модуле, агрегатном устройстве или приставке			
	Подключаемый к - или отключаемый от образования стежка			
	С управляемыми по программе параметрами			
	С многопозиционной установкой			
	Комбинирование способов			
	Другие			
	Многофункциональные возможности механизмов			
	Дополнительный набор механизмов и устройств			
	Управление параметрами механизмов по сменяемому			
Управление параметрами механизмов через ЦПУ				
Комбинирование способов				
Другие				
Смена машин на рабочем месте по программе				
Изменяемая комбинация машин в установке				
Поворотный стол				
Роботизированный комплекс				
Система транспортных связей между машинами				
Комбинирование способов				
Другие				

Применение автоматизированного управления параметрами (CNC) технологической операции, применения технических средств с требуемыми характеристиками (см. табл.1), а также управлением транспортно-технологическими связями между операциями в одной системе или с другими (CAE) и другое позволяет расширить диапазон характеристик (технологических, технических, эксплуатационных, сервисных и др.) и достигнуть необходимой гибкости технических средств (швейных машин) ГШТС. Для реа-

лизации данного требования необходимо совершенствование систем управления и диагностирования [1, 3, 5]. А для эксплуатации данного оборудования необходимо особая подготовка кадрового обеспечения производства [6]. Организационная гибкость ГШТС при построении различного организационно-технологического решения процесса достигается за счет возможности изменения (адаптации) ее технологических возможностей к конструктивно-технологическим решениям изготовления швейных изделий.

Таблица 2

Технологические способы обеспечения ГШТС

№	Объект	Параметр	Результат	Пример
1	Натяжение нитки: Соотношение натяжения ниток Адаптация под изменение технологических условий 	Структура переплетения ниток в стежке Максимальное натяжение нитки	Свойства переплетения Не превышает натяжение нитки рациональное состояние	504 – 505 401 -
2	Функции ПО: Унификация Замена одного ПО другим Изменение траектории движения	Типизация функций Изменение формы и функциональности лезвия Оптимальные условия выполнения своих функций	Рациональные свойства Изменение типа стежка Оптимизация функциональных характеристик	Оптимизация параметров Ширитель – петлитель Образование игольной петли в Зингер Замена лапки на спец лапку,

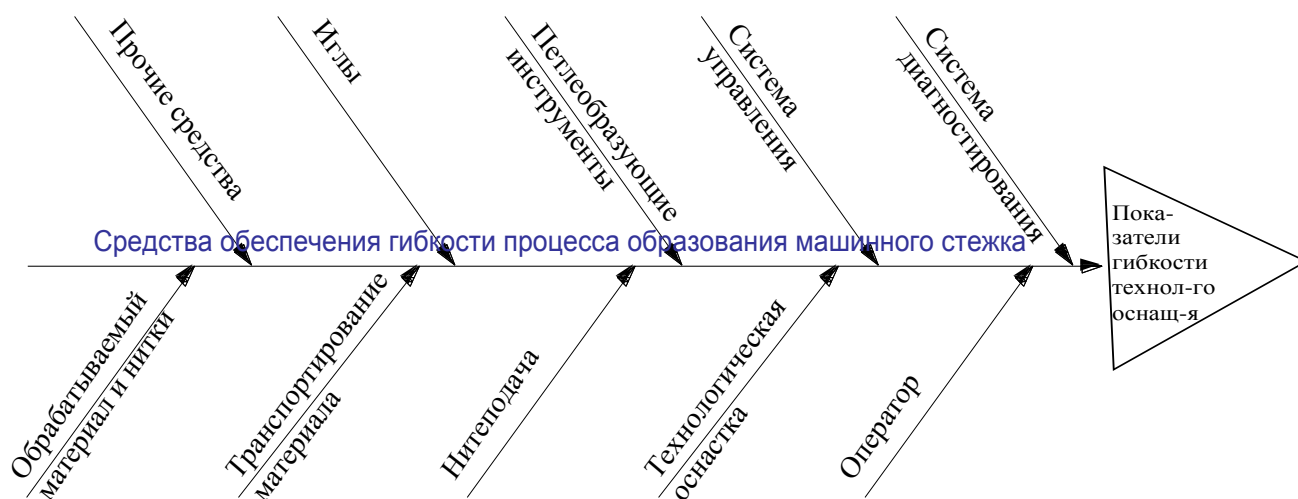


Рис. 5 Средства обеспечения гибкости процесса образования машинного стежка

Таким образом, установлены средства и принципы обеспечения функциональной гибкости технических средств ГТС и прежде всего ее технического, технологического, методического, информационного и других видов обеспечений.

Полученные результаты могут быть использованы при создании гибких технологических систем и, в частности, при разработке гибких швейных технологических производств для индивидуального пошива изделий, малой и средней мощности.

Список литературы

1. Диагностирование швейных технологических систем: монография // Ермаков А.С., Писаренко И.В. – М.: РГУТиС, 2013 – 232 с.
2. Кулу-Заде Р.А. Основы механизации производства одежды по индивидуальным заказам. - М.: МТИ, 1978 - 74 с.
3. Математическая модель рабочего процесса образования стежка на швейной машине/ Ермаков А.С.

- журнал «Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса» №4, М.: РГУТиС, 2008 – с. 71-75
4. Оборудование швейных предприятий: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования, 2-е издание, стереотипное // Ермаков А.С. – М.: Издательский центр "Академия", 2004 – 432 с.
 5. Проектирование механизмов краеобметочных машин предприятий сервиса: монография// Ермаков А.С. – М.: РГУТиС, 2008- 258 с.
 6. Стельмашенко В.И. Направления совершенствования профессиональных квалификаций работников в области сервиса // Стельмашенко В.И., Сюткин Г.Н., Зворыкина Т.И., Ермаков А.С. - научн. журнал Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. 2012. № 2. С. 29-35.
 7. Сторожев В.В. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования: монография / В. В. Сторожев, Н. А. Феоктистов. — Москва: Дашков и К, 2015. — 412 с.: ил.
 8. Сучилин В.А. Основы структурно-конструктивной адаптации швейного оборудования к условиям функционирования/ диссертация на соиск.учен. ст. доктора техн. наук по спец. 05.02.13 «Машины и агрегаты» (легкая промышленность) – М.: МГУС, 2000.

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ СЕТЕВОГО МОДУЛЯ SCADA СИСТЕМЫ

Евстропов Василий Александрович

Аспирант, Хакасский Государственный Университет им. Н.Ф. Катанова, г.Абакан

Швец Сергей Викторович

Кандидат технических наук, профессор, Хакасский Государственный Университет им. Н.Ф. Катанова, г.Абакан

SOME ASPECTS OF THE NETWORK MODULE OF THE SCADA SYSTEM

Evstropov Vasily Alexandrovich, graduate student, Katanov Khakass State University, Abakan

Shvets Sergey Viktorovich, Candidate of Science, Professor, Katanov Khakass State University

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена исследованию сетевых протоколов современных гетерогенных технологических сетей. Рассмотрены аспекты сетей реального времени. Описаны основные функциональные возможности сетевого модуля SCADA системы. Представлены результаты тестирования.

ABSTRACT

The article dedicated to the research of modern heterogeneous technological networks' protocols. Were considered aspects of real-time networks. Was describe the basic functionality of the network module of the SCADA-system. Were presented results of testing.

Ключевые слова: SCADA системы, сетевые протоколы, сетевой модуль.

Keywords: SCADA-system, network protocols, network module.

Введение

SCADA системы имеют большую практическую значимость для предприятий, работа которых относится к производственной деятельности. Создание подобного программного продукта поможет решить проблемы, связанные с работой оператора технологического процесса. Кроме того, данный продукт позволит отображать технологические цепочки различной сложности. Начальные требования к программному продукту были определены ранее [1]. В данной статье будут рассмотрены некоторые аспекты сетевой передачи данных в среде Borland C++.

Обязательным требованием АСУ является гибкость системы. Отказы отдельных компонентов должны устраняться в краткие сроки, при этом, не оказывая влияния на работу системы в целом. Данное утверждение справедливо, в первую очередь, к нижнему уровню АСУ, а именно к процессу сбора и обработки информации.

Особое внимание необходимо уделить промышленной сети предприятия и применяемым в этой сети протоколам. Для SCADA характерна универсальность, следовательно, модуль сетевого обмена данными должен иметь возможность работать с большим количеством протоколов. Для уменьшения времени доставки данных в диспетчерский пункт принято перекладывать функции

сбора информации на программируемые логические контроллеры. Однако это не освобождает модуль от необходимости приема данных по различным интерфейсам.

Принято различать два режима работы сети: сети мягкого реального времени (SRT – Soft-Real-Time), и сети жесткого (изохронного) реального времени (IRT – Isochronous Real-Time). В сетях SRT допускаются задержки до нескольких минут. Как правило, подобные сети используются для мониторинга систем безопасного производства, например учет электроэнергии в многоквартирных домах, состояние захвата принимающим устройством сигнала, расход трафика, и т.п. Сети IRT используют на наиболее чувствительных к задержкам производственных участках, где максимально допустимые задержки пакетов данных составляют 2-3 секунды.

Протоколы и интерфейсы технологических сетей
Рассмотрим основные протоколы и интерфейсы технологических сетей.

Industrial Ethernet

Под Ethernet подразумевают семейство продуктов для локальных вычислительных сетей, в соответствии со стандартом IEEE 802.3. Использованию в качестве промышленной связи препятствовал метод случайного доступа к сети. В настоящее время проблема решена исполь-

зованием программируемых коммутаторов. Использование Ethernet в качестве промышленной связи способствовали следующие факторы:

- соответствие требованиям жесткого реального времени;
- простота интеграции по протоколам прикладного уровня;
- простота интеграции с офисными сетями;
- возможность создания многомастерных сетей;
- широкие возможности организации сети любой топологии;
- наличие дешевых коммутаторов.

Industrial Ethernet использует процедуру доступа CSMA/CD, и применяется, в основном для передачи данных между PLC и системами HMI [1].

Fieldbus

Полевая шина Fieldbus является цифровой последовательной двунаправленной коммуникационной системой, обеспечивающей скорость обмена до 31,25 Кбит/с. Областью применения является связь устройств, расположенных на объекте, например датчики, контроллеры, исполнительные механизмы. Полевая шина представляет собой локальную вычислительную сеть со встроенными возможностями распределения управляющих приложений по всей сети. [2]

Сеть ASI

Основная задача сети ASI – связать в единую структуру устройства нижнего уровня АСУ ТП с системой контроллеров. ASI-интерфейс позволяет через линии связи передавать не только данные, но и запрашивать датчики.

ASI использует принцип последовательной передачи на базовой частоте. Информационный сигнал модулируется на питающую частоту. Для передачи используется специальный неэкранированный двухпроводный кабель с трапециевидным профилем. Он позволяет подключать датчики на подвижных механизмах.

Controller Area Network

CAN (Controller Area Network) является комплексом стандартов построения распределенных сетей, использующим последовательную передачу данных в реальном времени с высокой степенью защищенности и надежности. В настоящее время CAN поддерживается одиннадцатью стандартами ISO. Используется код NRZ и несколько уровней контроля достоверности передачи данных [3].

Modbus

Сеть Modbus разработана для использования в PLC. В настоящее время по распространенности конкурирует с Profibus. Стандарт Modbus предусматривает применение физического интерфейса RS-485, RS-422 или RS-232. Наиболее распространенным для организации промышленной сети является двухпроводной интерфейс RS-485. Для соединений точка-точка может быть использован интерфейс RS-232 или RS-422. Распространенность протокола обусловлена его надежностью, возможностью легко включать устройства в единую сеть.

В сети Modbus имеется только одно ведущее устройство – мастер. Только мастер может опрашивать ведомые устройства. Подчиненные элементы сети не могут сами инициировать обмен данными. Работа сети основана на принципе "запрос-ответ" [4].

Profibus

Сеть Profibus основывается на нескольких стандартах и протоколах. Сеть отвечает требованиям международных стандартов IEC 61158 и EN 50170. Развитием сетей

данного стандарта занимается Profibus Network Organization (PNO).

Profibus включает в себя три отдельных протокола: Profibus DP, Profibus FMS и Profibus PA, которые используют общий канальный уровень.

В последние годы появился стандарт PROFINET, который основан на Industrial Ethernet и технологиях COM, DCOM. Он легко обеспечивает связь промышленной сети Profibus с офисной сетью Ethernet. Открытые стандарты PROFINET в промышленной автоматизации позволили улучшить взаимодействие устройств с контроллерами и облегчить управление большими объемами данных, генерируемыми устройствами [5].

Аспекты сетей реального времени

Некоторые сети (например, Ethernet) не являются детерминированными сами по себе. Для подобных сетей, или участков сетей, необходима проверка обеспечения доступа к узлу в пределах 1 мс. Данное требование обуславливается возможностью потери пакета данных при транспортировке, что в сетях IRT может привести к аварии технологической цепи.

Одним из основных принципов сетей реального времени является принцип синхронизации. Данная технология помогает избежать коллизий, например, при передаче пакетов данных от нескольких датчиков к одному контроллеру. Синхронизация основана на обмене сообщениями между общими опорными часами и подчиненными. При большом количестве ветвей сети необходимо делить ее на сегменты, в каждом из которых присутствуют собственные опорные часы, синхронизирующихся с помощью часов более высокого уровня. Для этого диспетчерским пунктом генерируется уникальное сообщение, с сигналами опорного времени. Подчиненные часы вычисляют сдвиг и корректируют собственные показания, с учетом задержки на передачу.

Для правильного функционирования АСУ ТП необходимо соблюдать заданные задержки передачи информации, поскольку минимальная задержка ответа на запрос дает больше времени для реакции диспетчера на полученные от удаленного объекта (УО) данные. Отсутствие необходимого ответа на запрос в отведенный период времени является событием, по которому автоматически генерируется сигнал тревоги.

Сетевой модуль

Модуль визуализации SCADA-системы был рассмотрен ранее (6)

Сетевой модуль SCADA-системы построен на базе среды Borland C++, с использованием компонентов TClientSocket и TServerSocket. Данные компоненты позволяют применять любой из протоколов. Поскольку технологическая сеть, как правило, гетерогенная, серверная часть подключается к АСУ посредством интерфейса Ethernet. Клиентские части разрабатываются с условием выбора интерфейса приема данных от датчиков, и фиксированным интерфейсом Ethernet для передачи на диспетчерский пункт. Учитывая, что связь должна осуществляться между контрольным пунктом и удаленным объектом, предполагается использование микроконтроллера. Каждый микроконтроллер является сборщиком информации на удаленном объекте, и, одновременно, клиентом. Сбор информации осуществляется посредством протоколов TCP/IP, UDP или Modbus. Контроллер циклически

опрашивает датчики. При получении запроса от контрольного пункта опрос прерывается, генерируется ответ для сервера. После отправки ответа микроконтроллер возобновляет циклический опрос датчиков.

Каждый датчик имеет личный идентификационный номер, который отображается в виде IP адреса. При этом каждый удаленный объект обозначается собственной подсетью, например:

- 192.168.0.1 – контрольный пункт;
- 192.168.1.1 – микроконтроллер удаленного объекта 1;
- 192.168.1.2 – датчик 1 удаленного объекта 1;
- 192.168.1.3 – датчик 2 удаленного объекта 1;
- 192.168.1.4 – датчик 3 удаленного объекта 1;
- 192.168.2.1 – микроконтроллер удаленного объекта 2;
- 192.168.2.2 – датчик 1 удаленного объекта 2;
- 192.168.2.3 – датчик 2 удаленного объекта 2;
- 192.168.2.4 – датчик 3 удаленного объекта 2.

Подобная унификация позволяет быстро произвести сортировку полученных данных. Контрольный пункт (серверная часть) при получении данных от какого-либо объекта производит запись в базу данных, с указанием объекта, узла объекта, времени получения информации. При необходимости на фазе проектирования технологического процесса можно задать вывод текущих данных на форму модуля визуализации. Это позволит оператору принимать решения, не переключаясь с формы на форму.

Тестирование сетевого модуля
Обмен данными в рассматриваемой технологической сети складывается из набора последовательных микроопераций типа «запрос – ответ»:

- генерация запроса диспетчерского пункта (ДП);
- отправка запроса на базовую станцию (БС);
- установление связи между БС и УО;
- отправка запроса с БС на УО;
- обработка запроса на УО и генерация ответа;
- установление связи между УО и БС;
- передача ответа из УО на БС;
- передача ответа с БС на ДП.

Тестирование сетевого модуля проходило на реальном объекте, имеющем гетерогенную структуру сети. При этом тест проводился с использованием двух беспроводных технологий передачи данных – технологии VSAT и технологии GPRS. На диспетчерском пункте был сгенерирован запрос к удаленному объекту. В качестве анализируемых параметров качества работу модуля выступали время одного цикла опроса и достоверность полученных данных. Тест был пройден успешно, некоторые результаты представлены ниже.

Информация о задержках, которые возникают в процессе обмена данными в спутниковой сети, работающей со скоростью 20 кбит/с, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Задержки при обмене данными в спутниковой сети

Операция	Время выполнения, с	Время выполнения, %
Установление связи между БС и УО	0,022	1,05
Передача запроса от БС к УО	0,00104	0,05
Обработка запроса и генерация ответа	2	95,84
Установление связи между УО и БС	0,022	1,05
Передача ответа от УО к БС	0,04167	2,00
Итого	2,08671	100,00

Продолжительность всего цикла опроса составляет 2,09 с, следовательно, в течении минуты выполняется 28 циклов. Учитывая возможность ухудшения условий приема и состояния диспетчерского пункта может потребоваться повторная передача до 10% всех сообщений, следует принимать среднее значение опрошенных за минуту УО за 25.

Основным методом увеличения пропускной способности принято считать увеличение скорости передачи данных. результаты тестов передачи данных через GPRS, работающим со скоростью 115 кбит/с представлены в таблице 2.

Таблица 2

Задержки при обмене данными в сети GPRS

Операция	Время выполнения, с	Время выполнения, %
Установление связи между БС и УО	0,002	0,1
Передача запроса от БС к УО	0,00017	0,01
Обработка запроса и генерация ответа	2	99,45
Установление связи между УО и БС	0,002	0,10
Передача ответа от УО к БС	0,00694	0,35
Итого	2,0112	100,00

Продолжительность всего цикла опроса составляет 2,01 с, следовательно, в течении минуты выполняется 29 циклов. Учитывая возможность ухудшения условий приема и состояния диспетчерского пункта может потребоваться повторная передача до 10% всех сообщений, следует принимать среднее значение опрошенных за минуту КП за 26.

При сравнении показателей, приведенных в таблицах, можно отметить, что при увеличении скорости передачи в 5,75 раз пропускная способность увеличивается незначительно, примерно на 4%. Это обуславливается тем,

что основные задержки вызваны обработкой запроса и генерацией ответа на запрос. Таким образом, система спутниковой связи VSAT удовлетворяет требованиям мягкого реального времени и не уступает иным системам связи.

Литература

1. Евстропов В.А., Швец С.В. Рассмотрение RAD-сред для разработки графического модуля и требований к нему. – Отраслевые аспекты технических наук – 2013. – №11 – ст. 14-16 – Москва: Изд-во ИНГН.

2. Лопухов И. Сети Real-Time Ethernet: от теории к практической реализации. – Современные технологии автоматизации – 2010. – №3 – ст. 8-15 – Москва: Изд-во СТА-ПРЕСС.
3. Саложников А. От классической полевой шины (fieldbus) к EtherCAT. – Современные технологии автоматизации – 2010. – №3 – ст. 16-18 – Москва: Изд-во СТА-ПРЕСС.
4. CAN specification 2.0, part B. - CAN in Automation – режим доступа к изд.: <http://www.can-cia.org/>
5. Modbus Specifications and Implementation Guides – режим доступа к изд.: <http://www.modbus.org/specs.php>
6. Profibus Technology – режим доступа к изд.: <http://www.profibus.com/technology/>

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА В АППАРАТУРЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ТОЧНОСТЬ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПУТЕМ РАСШИРЕНИЯ ВЕКТОРА ИЗМЕРЕНИЙ

Евтушенко Олег Александрович

кандидат технических наук, директор, филиал «НИИ Аэронавигации ФГУП ГосНИИ ГА», г. Москва

Ермошенко Юлия Марковна

Генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью, «Аэроприбор», г. Москва

REDUCING THE EFFECT OF A REFERENCE-FREQUENCY GENERATOR'S INSTABILITY IN THE EQUIPMENT USING SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS ON NAVIGATIONAL SIGHTING ACCURACY BY WIDENING MEASUREMENT VECTOR

Oleg Evtushenko, Doctor of Science, director branch of "Aeronautical Research Institute Federal State Unitary Enterprise of Federal Research Institute of Aviation", Moscow

Julia Ermoshenko, CEO of LLC «Aeropribor», Moscow

АННОТАЦИЯ

Рассматривается метод уменьшения влияния неустойчивости бортового опорного генератора на точность определения навигационных параметров в спутниковых радионавигационных системах путем включения псевдоскоростей в вектор измеряемых радионавигационных параметров.

ABSTRACT

Considering a method of reducing the effect of a reference-frequency generator's instability in the equipment using satellite radio navigation systems on navigational sighting accuracy by turning on pseudo-velocities in the vectors of radio navigational parameters being measured.

Ключевые слова: опорный генератор; неустойчивость; навигационный параметр; точность; спутниковая радионавигационная система.

Keywords: reference-frequency generator; instability; navigational parameter; accuracy; satellite radio navigation system.

Одним из факторов, влияющих на точность местоопределения ВС, является точность бортовой шкалы времени (БШВ), определяемой неустойчивостью частоты f опорного генератора (ОГ) аппаратуры потребителя (АП) спутниковой радионавигационной системы (СРНС) [2,4]. Возникающая за счет ухода частоты ОГ систематическая ошибка компенсируется путем включения в вектор состояния воздушного судна (ВС) сдвига БШВ относительно шкалы времени СРНС [7].

При этом полученная при решении навигационной задачи (НЗ) оценка сдвига БШВ $\Delta \hat{t}$ учитывается на следующем шаге решения НЗ. Поэтому степень влияния неустойчивости ОГ на точность навигационных определений (НО) определяется флуктуационной составляющей ухода частоты ОГ, мерой которой служит относительная неустойчивость частоты σ_f / f , где σ_f - среднеквадратическое отклонения частоты от ее среднего значения.

В [7] получен результат, связывающий относительную неустойчивость ОГ и ошибку местоопределения ВС при фильтрации его координат с использованием опти-

мальной нелинейной фильтрации (ОНФ), осуществляемой с учетом нелинейности уравнения наблюдения.

Показано, что ошибка определения координат ВС дальномерным способом, реализуемым при высокой точности БШВ ($\Delta t \approx 0$) никогда не превышает ошибку, имеющую место при использовании разностно-дальномерного способа, а ошибка псевдодальномерного способа, когда сдвиг БШВ Δt включается в состав оцениваемых навигационных параметров (НП), занимает промежуточное положение.

При этом при низкой стабильности частоты ОГ ошибка псевдодальномерного способа стремится к ошибке разностно-дальномерного, а при высокой стабильности ОГ - к ошибке дальномерного способа.

На рисунке 1 приведена заимствованная из [7] кривая зависимости нормированной к СКО измерения радионавигационных параметров (РНП) (псевдодальности) σ_p радиальной СКО определения координат ВС σ_r от относительной неустойчивости частоты σ_f / f (пунктирная линия). Кривая построена для случая НО по оптимальному рабочему созвездию из четырех навигационных космических

аппаратов (НКА) с геометрическим фактором $\Gamma_r = 1$ при СКО ошибки измерения псевдодальности $\sigma_p = 600$ м; параметрах динамической модели ВС: $\gamma_x = \gamma_y = \gamma_z = 0,02 \text{ с}^{-1}$; $\gamma_t = 0,001 \text{ с}^{-1}$; $\sigma_{VBC} = 60$ м/с и периоде дискретизации $T = 1$ с. Здесь же сплошной линией показана зависимость точности местоопределения ВС от нестабильности частоты ОГ, полученная при тех же условиях для случая фильтрации координат ВС с использованием оптимальной линейной фильтрации (ОЛФ). Как видим, кривые практически совпадают, что подтверждает известное из [6] положение о

близости результатов оценки флуктуирующих параметров, полученных с использованием ОНФ и ОЛФ.

Таким образом, проведенный анализ показал, что при местоопределении ВС с помощью АП СРНС даже в случае использования для фильтрации координат ВС оптимальных алгоритмов нестабильность ОГ сильно сказывается на точности местоопределения, если вектор измерений в качестве РНП содержит только псевдодальности ВС до НКА.

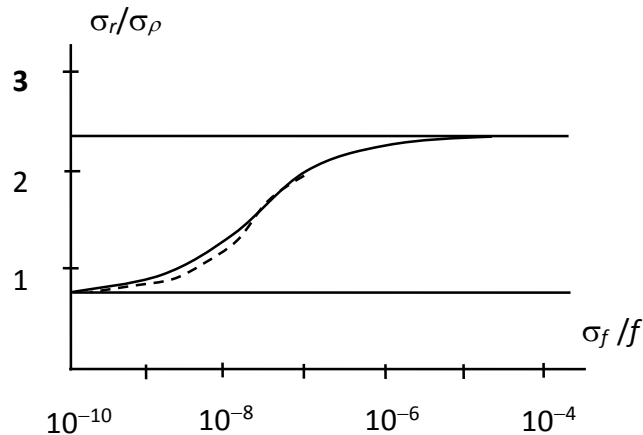


Рисунок 1. Зависимость ошибки местоопределения ВС от нестабильности частоты ОГ при оптимальных нелинейной и линейной фильтрации навигационных параметров

Принцип работы СРНС[1] предполагает совместные измерения псевдодальностей до НКА рабочего созвездия и радиальных псевдоскоростей ВС относительно каждого из рабочих НКА. Псевдодальности и псевдоскорости в общем случае составляют вектор измерений СРНС. При местоопределении с помощью МНК измерения псевдоскоростей используются только для определения составляющих скорости ВС и не используются для повышения точности определения его координат.

Покажем, что в случае использования при фильтрации НП алгоритма многомерной ОЛФ использование измерений псевдоскоростей позволяет повысить точность НО. Этому способствует высокая абсолютная точность измерения псевдоскоростей [3], а также слабая корреляция измерений псевдодальности и псевдоскорости.

Последнее обстоятельство подтверждается также результатами эксперимента [5]. Измерения псевдодальности и псевдоскорости с использованием АП СРНС производились с шагом 1с на интервале 2 мин. Такой интервал был выбран, чтобы обеспечить как достаточную выборку для анализа, так и постоянство во время измерений систематической составляющей ошибки.

Результаты измерений обрабатывались следующим образом. Ошибка измерения радиальной псевдоскорости принималась равной

$$\delta_v = V - U, \quad (1)$$

где V – измеренная, а U – расчетная (вычисленная по передаваемым в составе служебной информации данным) радиальная псевдоскорость.

Предполагалось, что вся систематическая ошибка обусловлена уходом частоты ОГ Δf , то есть математическое ожидание δ_v равно

$$M(\delta_v) = \frac{\Delta f \cdot c}{f}, \quad (2)$$

где c – скорость света, f – частота несущей.

Случайная составляющая измерений псевдоскорости при этом равна

$$S(\delta_v) = \delta_v - M(\delta_v). \quad (3)$$

Аналогичная составляющая измерений псевдодальности определялась следующим образом. Сначала определялась ошибка измерения с учетом дрейфа БШВ, вызванного уходом частоты ОГ:

$$\delta_p = p - r - M(\delta_v) \cdot t, \quad (4)$$

где p и r – измеренная и расчетная псевдодальности, t – время начала интервала измерений. Затем вычислялись систематическая $M(\delta_p)$ и случайная $S(\delta_p)$ составляющие ошибки измерения псевдодальности. На рисунке 2 иллюстрируется вычисление случайной составляющей ошибки измерения псевдодальности. Коэффициент корреляции случайных последовательностей $S(\delta_v)$ и $S(\delta_p)$ равен 0,04, что подтверждает предположение о практической некоррелированности измерений псевдодальностей и псевдоскоростей.

Для исследования влияния ошибки измерения радиальной псевдоскорости σ_v на точность местоопределения ВС были проведены вычисления ковариационной матрицы ошибок местоопределения по алгоритму многомерной ОЛФ для различных значений σ_v и относительной нестабильности частоты ОГ. Результаты расчета приведены на рисунках 3 и 4. При расчетах параметры динамической модели ВС принимались равными: $\gamma = 0,02 \text{ с}^{-1}$; $\gamma_t = 0,005 \text{ с}^{-1}$; $\sigma_{VBC} = 0,1$ м/с; СКО ошибки измерений псевдодальности $\sigma_p = 25$ м; шаг фильтрации $T = 1$ с.

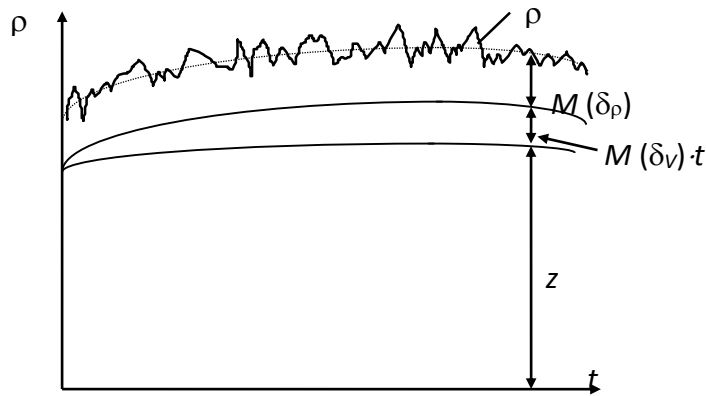


Рисунок 2. Определение случайной составляющей ошибки измерения псевдодальности

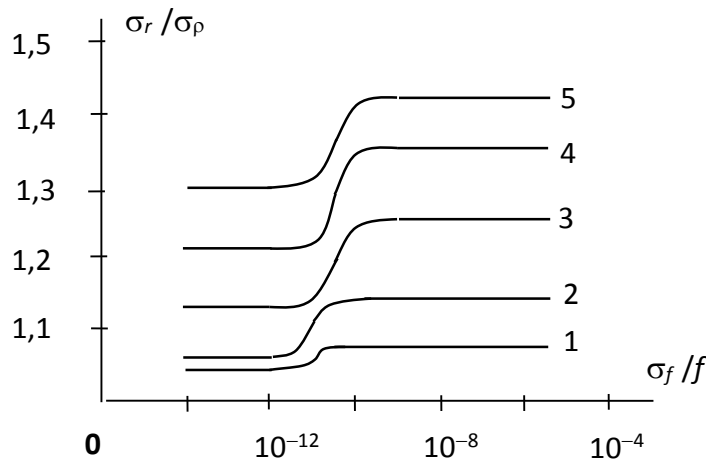


Рисунок 3. Зависимость ошибки определения координат от нестабильности ОГ при различных значениях ошибки измерения псевдоскорости (1 – $\sigma_v = 0,01$ м/с; 2 – $\sigma_v = 0,03$ м/с; 3 – $\sigma_v = 0,1$ м/с; 4 – $\sigma_v = 0,3$ м/с; 5 – $\sigma_v = 1,0$ м/с)

Семейство кривых, характеризующих зависимость ошибки местоопределения от относительной нестабильности частоты ОГ при различных значениях σ_v , показано на рисунке 3. Из рисунка видно, что характер зависимости аналогичен полученной в отсутствие измерений псевдоскоростей (рисунок 1).

При высоких стабильностях бортового ОГ (менее 10^{-12}) ошибка местоопределения стремится к постоянному значению (ошибке дальномерного метода). При низких стабильностях бортового ОГ (более 10^{-10}) ошибка местоопределения стремится к более высокой ошибке разностно-дальномерного метода. Как и при неучете измерений псевдоскорости, зависимость радиальной ошибки местоопределения σ_r от относительной нестабильности частоты ОГ носит пороговый характер. Из кривых на рисунке 3 видно, что повышение точности измерения псевдоскорости приводит к повышению точности местоопределения при любых значениях нестабильности ОГ.

Семейство кривых зависимостей σ_r от ошибок измерения псевдоскоростей при различных значениях нестабильности ОГ показано на рисунке 4. (параметры моделей динамики движения ВС и измерений те же, что и в предыдущем случае).

Здесь также наблюдается пороговый характер зависимости. Как в этом, так и в других расчетных примерах значение порога практически не зависит от σ_f / f и прибли-

зительно равно σ_{vbc} – СКО флуктуаций скорости ВС (в данном примере 0,1 м/с). При увеличении значения ошибки измерения псевдоскорости выше этого порога ошибка местоопределения стремится к постоянному значению тем большему, чем больше относительная нестабильность ОГ.

При уменьшении ошибки измерения псевдоскорости ниже порогового значения ошибка местоопределения также стремится к постоянной величине, мало отличающейся для всех кривых, то есть практически независимой от относительной нестабильности частоты ОГ. Анализируя кривые на рисунках 3 и 4, можно сделать ряд выводов о преимуществах, которые обеспечивает использование высокоточных измерений псевдоскоростей при применении ОЛФ в АП СРНС.

Из рисунка 3 видно, что при высокой точности измерения псевдоскорости нестабильность частоты ОГ мало влияет на ошибку местоопределения, при низкой же точности измерения псевдоскорости зависимость σ_r от σ_f / f эквивалентна зависимости, полученной для режима, при котором псевдоскорости не включаются в состав измерений. В этом случае использование измерений псевдоскоростей нецелесообразно. В широком диапазоне значений нестабильности частоты ОГ точность местоопределения псевдодальномерным способом совпадает с точностью разностно-дальномерного способа, что позволяет использовать его в программно-математическом обеспечении АП без ущерба для точности определения координат ВС.

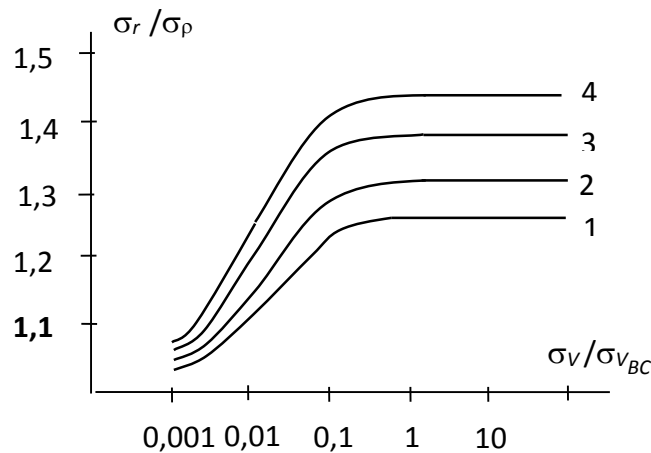


Рисунок 4. Зависимость ошибки определения координат от ошибки измерения псевдоскорости
(1 – $\sigma_f/f = 10^{-12}$; 2 – $\sigma_f/f = 10^{-11}$; 3 – $\sigma_f/f = 10^{-10}$; 4 – $\sigma_f/f = 10^{-8}$)

Использование разностно-дальномерного способа выгодно тем, что позволяет исключить из вектора оцениваемых параметров Δt и $\Delta \dot{i}$ и таким образом сократить размерность задачи, что способствует сокращению времени вычислений и требуемого объема памяти. Из сравнения рисунков 3 и 4 видно, что семейство кривых на рисунке 4 ограничено снизу кривой зависимости σ_r от σ_v при использовании дальномерного метода, а сверху – аналогичной кривой, получающейся при использовании разностно-дальномерного метода. Видно также, что ошибка местоопределения сильно зависит от ошибки измерения псевдоскорости, и при уменьшении этой ошибки ниже порогового значения, равного σ_{vBC} , слабо зависит от относительной нестабильности частоты ОГ. Итак, при применении многомерной ОЛФ введение в состав вектора измеряемых РНП псевдоскоростей, измеренных с ошибкой, значительно меньшей СКО флуктуаций скорости ВС, позволяет снизить требования к стабильности бортового ОГ.

Список литературы

1. Аппаратура высокоточного позиционирования по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем: приёмники-потребители навигационной

информации / Жодзишский М.И. и др.; гл. 21 и 23; под ред. Жодзишского М.И. Москва: МАИ, 2010. – кн. 1.

2. Khall M.A. GPS multipath error aerospace symposium. Atlantic - City, 25 - 27 Okt. 1978.
3. Милютин Д.С., Вейцель А.В., Никитин Д.П. Повышение точности местоположения с использованием новых сигналов спутниковых навигационных систем. М.: Вестник МАИ, №7, 2009.
4. Олянюк П.В. Спутниковые навигационные системы. АГА, СПб, 2008г, [98с]
5. Строганова Е.П. Адекватность моделей и достоверность измерений РЭА // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2009, спецвыпуск «Технологии информационного общества». Часть 3. Август. – [с. 126 – 129.]
6. Тихонов В.И., Бакаев Ю.Н. Статистическая теория радиотехнических устройств. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1978.
7. Харисов В.Н., Яковлев А.И., Глущенко А.Г. Оптимальная фильтрация координат подвижного объекта. Радиотехника и электроника, 1984, № 10.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Фаликман Вячеслав Рувимович

академик РИА, доктор материаловедения, профессор ФГБОУ ВПО «МГСУ»

Денискин Вячеслав Вячеславович

научный сотрудник, НИЦ «Строительство», г. Москва

Калашников Олег Олегович

аспирант, НИЦ «Строительство», г. Москва

Сорокин Всеволод Юрьевич

научный сотрудник, НИЦ «Строительство», г. Москва

*Falikman Vyacheslav, Doctor of Materials Science, Professor of Moscow State University of Civil Engineering,
Deniskin Vyacheslav, Researcher, Scientific Research Center "Construction", Moscow
Kalashnikov Oleg, Postgraduate, Scientific Research Center "Construction", Moscow
Sorokin Vsevolod, Researcher, Scientific Research Center "Construction", Moscow*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен отечественный опыт разработки и применения самоуплотняющегося бетона, мировая история которого насчитывает уже более 20 лет. На примере нескольких реализованных российских проектов приведены особенности и узкие места, связанные с использованием местных материалов, оборудования и технологий. Показана необходимость введения системы нормативных документов и повышения квалификации персонала для широкого внедрения новых решений в практику строительства.

ABSTRACT

Self-Compacting Concrete (SCC) has been known globally in the construction industry more than 20 years. Over the last ten years, significant amount of work has been carried out in Russia also. The paper reports the peculiarities of SCC based on local raw materials, and the existing level of research concerning various aspects of SCC. Some opportunities and bottlenecks for SCC development are exposed based on some practical examples. SCC is used now not only for special projects, but as a replacement for traditional concrete as well. This demands extra knowledge and expertise from the SCC producers and engineers. It is necessary also to develop a set of new standards dedicated to SCC or to include SCC in updated versions of already published standards.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, уровень разработки, опыт применения, стандарты.

Key words: self-compacting concrete, level of research, case study, standards.

Появление новых амбициозных проектов в сфере строительства, таких, например, как протяженные подвесные мосты в Японии и Китае, комплексы крупных гидротехнических и транспортных сооружений в Голландии и ряд других, повысило требования к бетонам. Зачастую участки бетонирования находились на большом расстоянии от места производства бетона и даже на значительном удалении от побережья, в море. Кроме этого, еще одним непременным условием строительства стало сокращение времени и трудозатрат на уплотнение бетонной смеси, а также ускоренный набор прочности в ранние сроки. В новом строительстве и при реконструкции объектов стало необходимым использовать большой объем особо высокоподвижных нерасплаивающихся смесей.

Решению этих задач способствовали теоретические исследования и практический опыт, связанные с применением мультифракционных заполнителей для получения высокопрочного бетона, введением в бетонную смесь микро- и ультрадисперсного наполнителя для повышения прочности, коррозионной и трещиностойкости материала, управлением реологией высокоподвижных бетонных смесей, созданием новых видов химических модификаторов - регуляторов свойств бетона.

Благодаря фундаментальным исследованиям последних десятилетий, был создан так называемый самоуплотняющийся бетон – Self-Compacting Concrete (SCC), получивший широкое распространение при возведении самых разных сооружений – сводов и арок в тоннелях, метрополитенов, автострад, мостов, атомных электростанций. Для семейства новых бетонов этот термин впервые был предложен в 1986 году Х. Окамура [1].

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) способен уплотняться под действием собственного веса без сегрегации, полностью заполняя форму даже в густоармированных конструкциях. Бетонная смесь для самоуплотняющегося бетона характеризуется низким водоцементным отношением 0,38...0,4, при этом достигая очень высокого показателя удобоукладываемости - до 70 см по распылу конуса. Прочность получаемого бетона, как правило, достигает 100 МПа. Повышенная плотность материала, отсутствие в его структуре крупных пор и капилляров препятствуют проникновению агрессивной среды вглубь бетона, снижая риск развития процессов коррозии. Все это, несомненно, позволяет отнести СУБ к высокофункциональным

бетонам, концепция которых была сформулирована международным сообществом в конце 80х – начале 90х годов прошлого века [2].

В последние 10 лет в России проявился большой интерес к СУБ, выполнено большое количество прикладных исследований и реализовано несколько интересных проектов. Однако годовой объем применения СУБ, в среднем, не превышает 30 – 50 тыс.м³.

Среди многочисленного списка российских проблем, связанных с применением СУБ, можно выделить основные и наиболее значимые, решение которых приблизило бы специалистов к повышению общей культуры производства бетонных смесей и бетона, в целом. Это, прежде всего, отсутствие в достаточных объемах качественных заполнителей и наполнителей; необходимость модернизации устаревшего оборудования, не способного сегодня качественно воспроизводить подобранные в лабораториях рецепты; отсутствие необходимой нормативно-технической базы; отсутствие и недоступность полной информации о новом бетоне, проблемы со специализированным обучением, способным в полной мере восполнить недостаток знаний специалистов-практиков. Активное продвижение и внедрение технологии СУБ сегодня невозможно без комплексного решения этих проблем, использование СУБ на практике будет по-прежнему носить эпизодический характер и продвигаться достаточно медленно.

В России при изготовлении СУБ используют, как правило, такие же сырьевые материалы, что и в традиционном бетоне. Однако для получения стабильных характеристик СУБ требуются дополнительные меры при первоначальном выборе компонентов и в процессе входного контроля однородности поступающих партий. Для выполнения этих требований приходится увеличивать частоту контроля качества компонентов и задавать более жесткие пределы возможных отклонений, что часто создает дополнительные трудности.

В существующих условиях производства цемента в России его качество и показатели часто определяют саму возможность приготовления СУБ. Российский опыт показывает, что следует применять цемент с водоотделением не более 20...22%, при изготовлении которого не использовались добавки – интенсификаторы помола. Поставку цемента приходится жестко контролировать, чтобы обес-

печить его поступление с одной перевалки, от одного поставщика, из одной партии (поставки), а сам цемент - складировать в отдельно выделенных силосах.

Отличительной особенностью СУБ является и то, что при их изготовлении обычно применяют, как правило, пластификаторы последнего поколения на основе поликарбоксилатов. Другие добавки, включая воздухововлекающие, ускоряющие и замедляющие твердение бетона, могут использоваться так же, как и в обычном бетоне, с учетом рекомендаций производителя добавок по их применению и способу введения. Минеральные и органические добавки, регулирующие вязкость бетонной смеси, применяются для минимизации влияния изменения влагосодержания, содержания мелких фракций песка или изменения гранулометрического состава.

Основными факторами, которые по отдельности или все вместе оказывают влияние на однородность продукции во время производства СУБ, являются изменение влагосодержания заполнителей, изменение их гранулометрического состава и последовательности дозирования. Необходимо также учитывать изменение свойств при переходе на новые партии сырья.

В связи с особенностями свойств СУБ для повышения и поддержания связности и устойчивости к расслоению в его составе обычно применяют тонкомолотые активные и неактивные минеральные добавки, не всегда доступные на рынке, несмотря на большую сырьевую базу. Применение этих добавок одновременно позволяет регулировать расход цемента для снижения теплоты гидратации и термической усадки.

На стадии подбора составов СУБ в лаборатории смеси приготавливаются только в смесителях принудительного действия. Нельзя использовать смесители гравитационного действия и, тем более, перемешивать смеси вручную. Низкое качество перемешивания в лабораторных смесителях по сравнению с используемыми в производстве может привести к перерасходу воды в бетоне до 30 кг/м^3 и химических добавок - до 20%. Поэтому все лабораторные подборки крайне важно проверять в сравнении с производственными замесами и обязательно отгрузить на объект предварительные опытные партии $3...6 \text{ м}^3$ и $12...18 \text{ м}^3$ (один и несколько автобетоносмесителей).

При производстве и применении СУБ часто приходится сталкиваться с проблемами, нетипичными для основного производства.

Прежде всего, увеличенная продолжительность приготовления СУБ снижает производительность бетонного завода примерно в 2 раза. Так, продолжительность приготовления обычного бетона и заполнения им автобетоносмесителя с объемом 6 м^3 , в среднем, составляет 6 минут, а для СУБ – 10...15 минут. Из-за большого количества применяемых добавок на лопастях бетоносмесителя быстро образуются наросты, из-за чего возникает необходимость качественной промывки бетоносмесителей каждые через 1,5 ч работы. В принципе, отечественный опыт показывает, что на время изготовления СУБ бетонный завод лучше специализовать только на их выпуск и прекратить выпуск на нем других бетонов.

Для применения СУБ на стройке необходимо обеспечить непрерывную подачу смеси до объекта, что всегда достаточно сложно, особенно, в условиях трафика мегаполисов; подобрать опалубку, способную выдержать высокое гидростатическое давление; провести испытания

стяжных шпилек на разрыв. Количество стяжных шпилек часто бывает необходимым увеличить в 2 раза по сравнению с расчетным. Нужны мощные бетононасосы с запасом по мощности, как минимум, в 2 раза, чтобы преодолеть высокую связность СУБ и обеспечить подачу бетона для равномерного заполнения опалубки.

Тщательно подобранный состав СУБ позволяет получить приемлемую устойчивость к ежедневным колебаниям показателей качества и влажности сырьевых материалов, позволяя снизить частоту проведения контроля в лаборатории и облегчая контроль производства. В результате снижается вероятность возникновения проблем на месте применения СУБ. Этот показатель обычно называют «выносливостью» и регулируют путем тщательного выбора поставщиков, надлежащего хранения и обращения с основными компонентами, оптимального содержания микрозаполнителя и/или применения добавок, регулирующих вязкость.

В России удельный вес зимнего периода в году, в среднем, составляет 0,4...0,6, а показатели средних из среднемесячных отрицательных температур зимнего периода - от -12 до -25 °C, достигая -35 °C. Снеговые нагрузки – $80...560 \text{ кг/м}^2$. 65% территории Российской Федерации находится в зоне вечной мерзлоты. Все это предопределяет необходимость разработки специальных составов и методов применения СУБ в зимнее время, в том числе использования противоморозных добавок, электропрогрева и электроразогрева и т.п.

Противоморозная добавка при приготовлении смеси может подаваться в виде горячего раствора и «забирает» часть дозируемой воды затворения. При этом подача раствора противоморозной добавки, как правило, производится в начале замеса, до загрузки цемента, чтобы отогреть песок и щебень. Часто противоморозная добавка вызывает потерю подвижности СУБ через 40...60 минут после приготовления, что налагает дополнительные требования к выбору компонентов и подбору составов бетона

При бетонировании на морозе часто бывает необходимо предварительно отогреть арматуру и опалубку, а после заполнения $\frac{1}{4}$ высоты опалубки включить электропрогрев. Это обеспечивает снижение давления на опалубку и предохраняет бетон от замораживания.

Применение самоуплотняющихся бетонов при строительстве особенно выигрышно в зонах ограниченного доступа, где вибрационное уплотнение затруднено, а также в комбинированных сталебетонных конструкциях сложной геометрии. Не удивительно, что первым российским руководящим документом по применению СУБ стал стандарт, определяющий особенности изготовления бетонов для строительных конструкций и радиационной защиты атомных электростанций [7]. Перспективным также является их использование для производства сборного железобетона, прежде всего, благодаря возможности изготовления изделий более высокого качества; исключению работ по их ремонту; увеличению срока службы бортонастки; существенному улучшению условий труда, а также при устройстве монолитных высокопрочных бесшовных полов и ограждающих конструкций с высокими требованиями к лицевой поверхности.

Первый опыт массового применения самоуплотняющихся смесей с распылом 65 см имел место при непрерывном бетонировании нижней зоны фундаментной

плиты с расходом арматуры 245 кг/м³ под башню «А» комплекса «Федерация» ММДЦ «Москва-Сити» [4]. Общий объем уложенного бетона составлял 2200 м³. Состав смесей подбирался, исходя из условия снижения экзотермии бетона. Поэтому был выбран цемент с минеральной добавкой (СЕМ II/A-П) с пониженным удельным тепловыделением, а расход его в составе смеси минимизирован и не превышал 330 кг/м³. Кроме того, были использованы специальный модификатор (порошкообразная добавка, состоящая из микрокремнезема, золы-уноса и нафталинформальдегидного суперпластификатора), молотый известняк с размером частиц до 1250 мкм, кварцевый песок с $M_{кр} = 2,5...2,8$ и гранитный щебень фракции 5-10 мм.

Более сложная задача решалась при бетонировании конструкций каркаса на уровне технических этажей башен «Москва» и «Санкт-Петербург» комплекса «Город Столиц». Колонны, горизонтальные и наклонные аутригеры с расходом арматуры более 300 кг/м³ выполнялись из бетона класса В60. Самоуплотняющиеся смеси имели подвижность по расплыву стандартного конуса от 68 до 72 см и укладывались непрерывно по 200 м³ в каждую зачатку.

Прочности самоуплотняющихся бетонов, из смесей, произведенных различными заводами и уложенных в конструкции фундаментной плиты под башню «А» комплекса «Федерация» и в конструкции каркаса комплекса «Город столиц», колебались в сравнительно узком диапазоне (не более 5%), превысив к 28-суточному возрасту требуемый уровень для бетонов классов В50 и В60, соответственно, при коэффициенте вариации 10%, а кинетика твердения не отличалась от бетонов тех же классов, приготовленных из обычных смесей с осадкой конуса 22...24 см.

Другой интересный объект - строящийся сегодня деловой квартал в центре в Екатеринбурга «Екатеринбург Сити», который должен объединить более 400 тыс.м² коммерческих и торговых площадей, офисов, гостиниц, развлекательных центров, кафе и ресторанов. Башня «Исеть» — третье по высоте запланированное строение этого комплекса высотой 215 м с 47 этажами и 4 этажами подземного паркинга.

При устройстве фундаментов в зимнее время с температурой воздуха -20°C по рекомендации компании MC Bauchemie (Санкт-Петербург) был применен СУБ класса В40 с дополнительными требованиями по водонепроницаемости (W16) и морозостойкости (F100). Смесью, поставившаяся на объект 70 автобетоносмесителями с трех бетонных заводов, перекачивалась через два бетононасоса на расстояние м. Проектная сохраняемость подвижности составляла 120 минут. Для обеспечения термической трещиностойкости фундаментных плит в составе СУБ был ограничен расход цемента с одновременным применением золы уноса Рефтинской ГРЭС и метаксаолина. Зола уноса Рефтинской ГРЭС относится к сверхкислым золам с содержанием оксида кремния SiO₂ – 58,71%; содержание оксида алюминия Al₂O₃ в золе – 27,88 %; модуль основности $m = 0,06$.

Объем уложенной смеси составил 7000 м³, период непрерывного бетонирования с пяти рабочих мест – 3 дня.

Еще один пример бетонирования в зимнее время - объект «Дом на мосту» в Москве, возведенный концерном «КРОСТ». Размеры конструкций, сложность и густота

армирования, условия производства работ (близость жилья, ночное время суток) исключали возможность виброуплотнения и определили технологию с использованием СУБ, который должен был самостоятельно растекаться в опалубке на длину более 20 метров. Условия производства работ усложнялись отрицательной температурой наружного воздуха -3°...-8°C, снегопадом и ветром. Размеры конструкций стен: длина - 15 м и 26 м, толщина - 0,8 м и 1,2 м, высота - 3,6 м. Объем конструкций - 360 м³. В каждой стене было уложено по 4 вертикальных плоских каркаса со стержневой арматурой \varnothing 16 мм и шагом 100x100 мм, а также 96 арматурных канатов \varnothing 20 мм в ПВХ оболочках, уложенных на поперечные стержни \varnothing 40 мм и сгруппированных на высоте 35 см.

В 1992 году Указом Президента Российской Федерации создана «Российская компания по освоению шельфа», учредителями которой стали компании, связанные с разработкой Штокмановского и Приразломного месторождений арктического шельфа. Месторождение Приразломное, открытое в 1989 году, расположено в 60 километрах от берега на глубине 19...20 метров. Его запасы оцениваются в 72 миллиона тонн нефти.

Для освоения месторождения предназначена уникальная морская ледостойкая стационарная нефтяная платформа «Приразломная» длиной 139 м, шириной 144 м, высотой – 141 м. Расчетный срок службы платформы - 25 лет. Ее масса без твердого балласта - 117000 т (с твердым балластом - 247000 т), количество скважин – 40, вместимость нефтехранилищ - 124000 м³ Объем нефтедобычи - 21000 м³ в день при персонале - 200 человек и периоде автономности - 60 дней.

В конструкции платформы по проекту предусматривался балластировочный слой из бетона объемом 53 тыс м³, опоясывающий конструкцию по периметру. Его задача, помимо точной балластировки, - принимать на себя ударные воздействия волн и льда.

Исходя из необходимости обеспечения заполнения бетонной смесью бетонируемого объема без дополнительных механических воздействий, проектом было предусмотрено применение СУБ с расплывом 60-70 см, временем истечения 5...20 сек и сохраняемостью подвижности бетонной смеси не менее 4-х часов после приготовления. Для обеспечения отсутствия холодных швов схватывание бетонной смеси должно наступать не ранее 8 часов с момента приготовления. Температура уложенного бетона при твердении, во избежание деформации металлического каркаса, не должна была повышаться более чем на 23°C по отношению к температуре бетонной смеси при ее укладке. В соответствии с проведенными расчетами, градиент температуры по толщине между центром и поверхностью бетона для обеспечения термической трещиностойкости не должен был превышать 10 °C/м. Дополнительные требования к затвердевшему бетону – строго заданная из условий балластировки плотность (2300+50 кг/м³) и ограниченная усадка (не более 0,1 мм/м). Проектный класс бетона по прочности в возрасте – не менее В20.

В качестве вяжущего нами, после исследования нескольких видов цемента, был выбран достаточно неординарный ПЦ Саввинского завода СЕМ II/B-Ш 22,5. Выбор был обусловлен как минимизацией транспортных расходов, так и обеспечением требований по снижению тепло-

выделения в конструкции. В качестве заполнителей использовались местные материалы, что было связано, прежде всего, с трудностями завоза. Оптимальный состав их зерновой смеси для получения самоуплотняющегося бетона складывался из 62 % песка и 38 % щебня. Заданное сочетание технологических свойств обеспечивалось применением поликарбоксилатного суперпластификатора и замедлителя схватывания в сочетании с тонкодисперсной минеральной добавкой - неактивированным известняковым порошком (150 кг/м^3) и полимерным стабилизатором [6].

Бетонирование балластировочного слоя МЛСП «Приразломная» проходило в период с мая по июнь 2011 года в г. Мурманск. Приготовление бетонной смеси осуществляли на территории специально построенного под этот проект бетонно-смесительного узла, оборудованного бетономешалками принудительного типа, откуда смесь транспортировалась в грузовых миксерах к бетононасосам, находящимся на причале возле пришвартованной платформы. Далее транспортировка бетонной смеси осуществлялась при помощи бетононасосов по трубопроводам до места бетонирования, причем длина перекачки доходила до 400 м. Проведенные заранее на полигоне испытания показали, что, несмотря на высокую протяженность магистрали и большое число изгибов трубопровода, подобранная бетонная смесь сохраняет свои свойства и при выходе к месту бетонирования отвечает заданным характеристикам самоуплотняющегося бетона [3].

Наличие добавки-замедлителя в составе бетонной смеси привело к заметному снижению темпов твердения в первые 3...5 суток. При твердении температура бетона повышалась на 18°C по отношению к температуре бетонной смеси при ее укладке, что соответствовало установленным требованиям. Градиент температуры по толщине между центром и поверхностью бетона составил $8,8^\circ\text{C/м}$. При последующем твердении наблюдался равномерный прирост прочности. Значение прочности, отвечающее нормативному показателю для бетона класса В20, было обеспечено в возрасте 28...45 суток.

В августе 2011 года «Приразломная» с помощью четырёх буксиров была доставлена на точку в Печорском море на расстоянии 540 миль от берега. В сентябре 2014 года на МЛСП «Приразломная» был добыт миллионный баррель нефти. На полную мощность добычи - 7 млн. т нефти в год, МЛСП должна выйти через 7 лет. По производительности её можно сравнить с современным нефтедобывающим комплексом на месторождении "Южное Хыльчюю" в Ненецком округе. Однако площадь платформы меньше наземного «собрата» в 35 раз, а расчётная численность персонала - почти в пять раз. При этом в конструкции платформы «Приразломная» изначально заложена возможность приема нефти с других месторождений, что позволит в дальнейшем эффективно - без строительства аналогичных платформ - вовлечь в рентабельную разработку соседние месторождения, благодаря снижению удельных затрат на их обустройство.

Уникальный опыт применения технологии самоуплотняющихся бетонов накоплен при укреплении берегов р. Самарка [5]. Во время весеннего паводка река, являющаяся правым притоком Волги, выходит из берегов, и, разливаясь по большой территории, вызывает подтопле-

ния близлежащих мест, что значительно усложняет строительство и эксплуатацию транспортных магистралей, связывающих город и область.

В течение трех лет «Волгоспецстрой» вел строительство моста через реку Самарка. Проект укрепления берега реки Самарки и дорожного полотна, проходящего от мостового перехода «Кировский» до обводной дороги, предусматривал применение СУБ, уложенного в геоматы, которые представляют собой трехмерные структуры из полимерных материалов, разделенные на множество секторов и образующие оболочку. Оболочка заполняется непроницаемым и высокопрочным бетоном. Проектный объём заливок СУБ составлял 55 тыс м^3 .

Сложность проекта состояла в том, что укладку геоматов в России до этого времени не производили, и к тому же необходимо было подобрать состав СУБ с распылом 75 см на местном сырье в отсутствие тонкого наполнителя. Помимо этого, щебень характеризовался повышенным содержанием пылевидных включений, что привело к необходимости увеличения дозировок пластифицирующих добавок. При проектировании составов удалось сократить себестоимость первоначально подобранного рецепта за счет снижения доли вяжущего и увеличения крупности заполнителя. Сохраняемость бетонной смеси регулировалась введением добавки замедлителя, а в качестве минерального стабилизатора бетонной смеси, препятствующего расслоению, использовали добавку на основе метакрилатов.

Еще один интересный пример - накопленный в Санкт-Петербурге опыт бетонирования буронабивных свай с применением СУБ с распылом 62 см. Глубина каждой сваи - 16 м, объём сваи - 12 м^3 . Проектный класс бетона В30, марка по водонепроницаемости W18, марка по морозостойкости - F400.

Таким образом, к основным, выявленным на сегодня в российской практике, преимуществам СУБ следует отнести (в порядке значимости):

- сокращение периода строительства;
- отказ от использования виброуплотнения;
- сокращение численности работников на строительной площадке;
- снижение уровня шума;
- высокое качество поверхности изделий и конструкций, не требующее дополнительной обработки.

Практика отечественного производства за последние 10...12 лет показывает, что из-за отсутствия понятного системного подхода к технологии СУБ каждый производитель подходит к решению возникающих перед ним проблем абсолютно самостоятельно, опираясь изредка на европейский опыт.

Однако, зачастую не понимая основ и проблематики технологии СУБ, производители не могут получить качественную бетонную смесь и изделие, и в результате благие намерения перерастают в отсутствие желания заниматься и развивать эту технологию. В лабораториях отсутствует необходимое оборудование для испытаний ввиду высокой его стоимости, специалисты не достаточно обучены и подготовлены. Конечно же, это создаёт неблагоприятный климат для продвижения технологии, и только единицы добиваются результата. Естественно, эта ситуация не является нормой для всех, но порядка 60-70% всех производств и заводских лабораторий работают в подобных условиях.

Нужно отметить, что, кроме этих организационных проблем, остаются до конца не изученными вопросы и сугубо специальные, крайне важные для проектировщиков, такие как поведение СУБ при динамических нагрузках, их коррозионная стойкость, усадочные деформации, ползучесть СУБ, морозостойкость и, в целом, долговечность в условиях сурового российского климата. Отсутствие доказательной базы нередко становится препятствием к использованию СУБ в ответственных конструкциях.

Использование СУБ предоставляет различные преимущества в решении ключевых проблем, таких как ускорение строительства, качество конструкций и сооружений, экономия энергии, а также безопасность и здоровье. Однако для реализации этих преимуществ СУБ необходимо рассматривать как технологию, являющуюся неотъемлемой частью проектирования и строительства. Как и другие технологии, СУБ имеет свои ограничения: он не может использоваться для бетонирования определенного типа конструкций и сооружений, по крайней мере, на современном этапе развития технологии. И конечно, СУБ не должен применяться для устранения огрехов плохого проектирования, планирования или исполнения.

Крайне важным достоинством технологии СУБ является то, что она приносит в строительную индустрию передовые профессиональные знания, которые не были востребованы ранее, являясь локомотивом технического перевооружения.

К сожалению, особенности СУБ сегодня не отражены в действующих нормах и стандартах Российской Федерации. Первый шаг в этом направлении сделан при актуализации межгосударственного стандарта ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования», в котором появились определение и требования к самоуплотняющемуся бетону. В ближайшее время предстоит разработать стандарт «Бетоны самоуплотняющиеся. Общие технические условия» или внести измене-

ния и дополнения в стандарты ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» и в соответствующие стандарты на методы испытаний.

Технология СУБ в России медленно, но верно развивается. Появляются альтернативные источники сырья, улучшаются его качественные характеристики, гармонизируются нормы. Через 5-10 лет технология СУБ займёт достойное место на рынке бетона России, как технология, оптимизирующая процесс строительства и инструмент повышения качества готовых изделий и конструкций.

Литература

1. Aitcin, P.-C. High-Performance Concrete. E & FN Spon, 1998, 591 p.
2. Okamura, H. Self-Compacting High-Performance Concrete. Concrete International, Vol.19, No.7, 1997, pp. 50-54.
3. Калашников, О.О. Опыт применения высококачественных бетонов при бетонировании нефтяной платформы «Приразломная». Технологии бетонов, № 3 - 4, 2012, стр. 28 - 30.
4. Каприелов, С.С., Травуш, В.И., Шейнфельд, А.В., Карпенко, Н.И., Кардумян, Г.С., Киселева, Ю.А., Пригоженко, О.В. Модифицированные бетоны нового поколения в в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити». Строительные материалы, № 10, 2006, стр. 8 - 12.
5. Неволин А.Л. «Умный» бетон. Top Builder, №2, 2012, стр. 42 – 43.
6. Патент РФ № 2536520 «Способ монолитного бетонирования морской платформы», опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36.
7. СТО 1.1.1.03.003.0911-2012 Бетоны для строительных конструкций и радиационной защиты атомных электростанций. М., Росэнергоатом. 2012.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОТОКОЛОВ ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ OSI МОДЕЛИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Муравьева-Витковская Людмила Александровна

доцент кафедры вычислительной техники, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

Фарашиани Махди Алиакбар

Магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра вычислительной техники, г. Санкт-Петербург

Хомич Антонина Владимировна

Магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра вычислительной техники, г. Санкт-Петербург

Оралканова Жадыра Оралканкызы

Магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра вычислительной техники, г. Санкт-Петербург

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THIRD LEVEL OSI MODEL PROTOCOLS ON EFFICIENCY OF MULTISERVICE COMPUTER NETWORK

Muravyeva-Vitkovskaya Liudmila Alexandrovna, Associate Professor of Computer Engineering, Saint Petersburg national research university of information technologies mechanics and optics, Saint Petersburg

Farashiani Mahdi Aliakbar, Master's degree, Saint Petersburg national research university of information technologies mechanics and optics, Saint Petersburg

Khomich Antonina Vladimirovna, Master's degree, Saint Petersburg national research university of information technologies mechanics and optics, Saint Petersburg

Oralkanova Zhadyra Oralkankyzy, Master's degree, Saint Petersburg national research university of information technologies mechanics and optics, Saint Petersburg

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены протоколы третьего уровня OSI модели. Проведен анализ эффективности функционирования мультисервисной компьютерной сети (КС). Выявлены особенности способа определения метрик в протоколах третьего уровня OSI модели. Также в статье приведена классификация протоколов маршрутизации в зависимости от сферы их применения и алгоритмов маршрутизации.

ABSTRACT

This article describes the third-level protocols OSI model. The analysis of the effectiveness of the multi-computer network performed. The features of the method for determining the metrics in the minutes of the third OSI layer model. The article also shows the classification of routing protocols, depending on their scope and routing algorithms.

Ключевые слова: маршрутизация; модель взаимодействия открытых систем; протокол; метрика.

Keywords: routing; open systems interconnection; protocol; metric.

Одним из важных элементов архитектуры сетей является коммуникационный протокол (КП). КП-формализованный набор правил взаимодействия узлов мультисервисной КС. Прорывом в стандартизации архитектуры мультисервисной КС стала разработка модели взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI), которая в начале 80-х годов обобщила накопленный к тому времени опыт. Модель OSI является международным стандартом и определяет способ декомпозиции задачи взаимодействия «по вертикали», поручая эту задачу коммуникационным протоколам семи уровней. Уровни образуют иерархию, известную как стек протоколов, где каждый вышестоящий уровень использует нижестоящий в качестве удобного инструмента для решения своих задач [2, с.108].

Межуровневый интерфейс, называемый также интерфейсом услуг, определяет набор функций, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему. Такой подход дает возможность проводить разработку, тестирование и модификации отдельного уровня независимо от других уровней. Иерархическая декомпозиция позволяет, двигаясь от более низкого уровня к более высокому, переходить к все более и более абстрактному уровню, а значит, более простому представлению исходной задачи [2, с.110].

Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику, связанную с тем, что в процессе обмена сообщениями участвуют, по меньшей мере, две стороны, то есть в данном случае необходимо организовать согласованную работу двух иерархий аппаратных и программных средств на разных компьютерах. Оба участника сетевого обмена должны принять множество соглашений.

Один и тот же протокол может быть реализован с разной степенью эффективности. Именно поэтому при сравнении протоколов следует учитывать не только логику их работы, но и качество программной реализации. Более того, на эффективность взаимодействия устройств в сети влияет качество всей совокупности протоколов, составляющих стек, в частности то, насколько рационально распределены функции между протоколами разных уровней и насколько хорошо определены интерфейсы между ними.

Работа каждого протокольного модуля состоит в интерпретации заголовков поступающих к нему сообщений и выполнении связанных с этим действий. Заголовки сообщений разных протоколов имеют разную структуру,

что соответствует различным аспектам в их функциональности [2, с.113].

Международная организация по стандартам предложила в качестве стандарта открытых систем семиуровневую коммуникационную модель, известную как OSI-модель – модель взаимодействия открытых систем. Каждый уровень OSI-модели отвечает за отдельные специфические функции в коммуникациях и реализуется техническими и программными средствами мультисервисной КС [1, с.24].

- Прикладной уровень (application layer) – верхний уровень модели, обеспечивающий взаимодействие пользовательских приложений с сетью.
- Представительский уровень (presentation layer) обеспечивает преобразование протоколов и кодирование/декодирование данных.
- Сеансовый уровень (session layer) модели обеспечивает поддержание сеанса связи, позволяя приложениям взаимодействовать между собой длительное время.
- Транспортный уровень (transport layer) модели предназначен для обеспечения надёжной передачи данных от отправителя к получателю.
- Сетевой уровень (network layer) модели предназначен для определения пути передачи данных.
- Канальный уровень (data link layer) предназначен для обеспечения взаимодействия сетей на физическом уровне и контроля за ошибками, которые могут возникнуть.
- Физический уровень (physical layer) – нижний уровень модели, который определяет метод передачи данных, представленных в двоичном виде, от одного устройства (компьютера) к другому.

Протокол 3-го уровня сетевой модели OSI предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и заторов в сети. На этом уровне работает такое сетевое устройство, как маршрутизатор. В пределах семантики иерархического представления модели OSI сетевой уровень отвечает на запросы обслуживания от транспортного уровня и направляет запросы обслуживания на канальный уровень.[4]

Определение маршрута является важной задачей сетевого уровня. Маршрут описывается последовательностью сетей, через которые должен пройти пакет, чтобы попасть к адресату. На сетевом уровне определяются два вида протоколов. Первый вид – маршрутизируемые протоколы – реализуют продвижение пакетов через сеть. Второй вид – маршрутизирующие протоколы, или протокол маршрутизации. С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений, на основании которой осуществляется выбор маршрута продвижения пакетов [2, с.121].

Протоколы маршрутизации разделяются на два вида, которые зависят от типов алгоритмов, на которых они основаны: дистанционно-векторные протоколы, основаны на Distance Vector Algorithm (DVA) это RIP, GRP, BGP, EIGRP, AODV; протоколы состояния каналов связи, основаны на Link State Algorithm (LSA) это IS-IS, OSPF, NLSP, HSRP, CARP, OLSR, TBRPF.

Так же протоколы маршрутизации в зависимости от сферы применения делятся на междоменную (EGP, BGP, IDRP, IS-IS) и внутридоменную (RIP, IS-IS, OSPF, IGRP, EIGRP).

Протокол RIP – протокол маршрутной информации (Routing Information Protocol), один из самых простых протоколов маршрутизации. Применяется в небольших мультисервисных КС, позволяет маршрутизатору динамически обновлять маршрутную информацию (направление и дальность в хопах), получая ее от соседних маршрутизаторов. RIP – так называемый протокол дистанционно-векторной маршрутизации, который оперирует транзитными участками в качестве метрики маршрутизации. Максимальное количество хопов, разрешенное в RIP-15. Каждый RIP-маршрутизатор по умолчанию вещает в сеть свою полную таблицу маршрутизации раз в 30 секунд, довольно сильно нагружая низкоскоростные линии связи. Преимущество этого протокола – простота конфигурирования. Недостатки – увеличение трафика при периодической рассылке широковещательных пакетов и не оптимальность найденного маршрута.

Протокол OSPF относится к протоколам состояния каналов связи. OSPF – масштабируемый протокол маршрутизации, он может быть использован, как в отдельной единственной зоне в небольших сетях, так и в нескольких зонах большой сети [5].

Преимущества OSPF: высокая скорость сходимости по сравнению с дистанционно-векторными протоколами маршрутизации; поддержка сетевых масок переменной длины (VLSM); оптимальное использование пропускной способности. Недостатки: трудно получить информацию о предпочтительности каналов для узлов, поддерживающих другие протоколы, или со статической маршрутизацией; OSPF является лишь внутренним протоколом.

Протокол IS-IS – протокол маршрутизации OSI под названием "протокол обмена данными между промежуточными системами IS-IS" (Intermediate System – to – Intermediate System). Протокол IS-IS разделяет сеть на области, чтобы не распространять информацию о маршрутах

среди всех маршрутизаторов сети, обеспечивая разумные размеры их таблиц маршрутизации, а тем самым быструю сходимость поиска маршрута.

Протокол IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) – протокол маршрутизации, разработанный фирмой Cisco, для своих многопротокольных маршрутизаторов в середине 1980-х годов для маршрутизации в пределах автономной системы, имеющей сложную топологию и разные характеристики полосы пропускания и задержки. Для повышения стабильности работы IGRP предусматривает такие механизмы, как удержание изменений, расщепление горизонта (split-horizon) и корректировка отмены.

EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) – протокол маршрутизации, разработанный фирмой Cisco на основе протокола IGRP той же фирмы. EIGRP использует механизм DUAL для выбора наиболее короткого маршрута.

При перераспределении одного протокола в другой следует помнить, что метрики каждого протокола играют важную роль в перераспределении. Каждый протокол использует разные метрики. Например, метрика протокола RIP основана на количестве переходов, однако протоколы IGRP и EIGRP используют составную метрику в зависимости от пропускной способности, задержки, надежности, загрузки и максимального размера передаваемого блока данных (MTU), где пропускная способность и задержка являются единственными параметрами, используемыми по умолчанию. В процессе перераспределения маршрутов необходимо определить метрику, понятную принимающему протоколу. Есть два метода определения метрик при перераспределении маршрутов. Можно определить метрику только для конкретного перераспределения или можно использовать одну и ту же метрику по умолчанию для всего перераспределения

Метрика OSPF – это значение стоимости, основанное на значении 10^8 / пропускная способность канала в битах в секунду. Например, стоимость OSPF для Ethernet равна $10: 10^8 / 10^7 = 10$. Если метрика не указана, OSPF при перераспределении маршрутов от всех протоколов подставляет значение по умолчанию, равное 20, за исключением маршрутов протокола BGP, которые получают метрику 1.

Метрика RIP состоит из количества переходов, и максимально допустимое значение этой метрики составляет 15. Все, что превышает 15, считается бесконечным. Для описания бесконечного значения в RIP можно использовать значение 16.

Метрика IS-IS должна иметь значение от 1 до 63. В IS-IS нет возможности использовать команду "default-metric" – необходимо определять метрику для каждого протокола. Если для маршрутов, перераспределяемых в IS-IS, метрика не указана, по умолчанию используется метрика равная 0.

Когда протоколы IGRP и EIGRP перераспределяют другие протоколы, им нужно 5 метрик: пропускная способность, задержка, надежность, загрузка и MTU, соответственно[3].

В таблице № 1 показан пример метрик IGRP.

Таблица № 1

Метрик IGRP

Метрика	Значение
пропускная способность	10000 килобит в секунду для Ethernet
задержка	100 x 10 микросекунд = 1 миллисекунда для Ethernet
надежность	255 для 100-процентной надежности
загрузка	Эффективная загрузка канала выражается числом от 0 до 255
MTU	Минимальный MTU пути; обычно равен MTU для интерфейса Ethernet (1500 байт)

Литература

- Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации: учеб. пособие. Санкт-Петербург, 2011. – 399 с.
- Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные СЕТИ, принципы, технологии, протоколы: учеб. для ВУ-Зов. 2011. – 943 с.
- Перераспределение протоколов маршрутизации-режим доступа к изд.: <http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU>
- Сетевая_модель_OSI - режим доступа к изд.: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- Усынин И.А. Понимание протоколов OSPF и RIP. Основные сведения режим доступа к изд.: <http://sci-article.ru/stat.php>

ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ УСТАЛОСТНЫМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ ПРИ ДВУХЧАСТОТНОМ НАГРУЖЕНИИ

Гаркаев Евгений Александрович

заведующий отделом экспертизы объектов котлонадзора и подъемных сооружений ООО «Региональный центр диагностики инженерных сооружений», г. Владивосток

Бразников Александр Алексеевич

заведующий отделом экспертизы взрывопожароопасных объектов ООО «Региональный центр диагностики инженерных сооружений», г. Владивосток

Лютарь Виталий Станиславович

заведующий отделом экспертизы объектов горнорудной промышленности ООО «Региональный центр диагностики инженерных сооружений», г. Владивосток

EVALUATING OF RESISTIBILITY AGAINST FATIGUE DAMAGE UNDER DOUBLE-FREQUENCY STRESSING

Garkaev Evgeny, Regional Centre of Engineering Systems Diagnostics, Vladivostok, Head of operations of boilers, vessels and load-lifting facilities

Braznikov Aleksandr, Regional Centre of Engineering Systems Diagnostics, Vladivostok, Head of operations of inflammable facilities

Liutar Vitalii, Regional Centre of Engineering Systems Diagnostics, Vladivostok, Head of operations of mining facilities

АННОТАЦИЯ

Предложен алгоритм оценки сопротивляемости металлоконструкций усталостным разрушениям при двухчастотном циклическом нагружении.

ABSTRACT

The algorithm of evaluating of resistibility against fatigue damage under double-frequency stressing is contained in this article.

Ключевые слова: усталостные повреждения; двухчастотное нагружение; оценка ресурса; предел выносливости,

Keywords: fatigue damage; double-frequency stressing; evaluating of durability, endurance limit.

Анализ условий эксплуатации сварных конструкций показывает, что они работают в условиях сложного нагружения при весьма широком изменении спектра параметров нагрузки [1]. Для многих практических случаев можно выделить две основные гармоники в низкочастотной и высокочастотной области. При этом нагрузку можно представить как двухчастотную стационарную, являющуюся суммой двух гармоник. Основными параметрами двухчастотного нагружения будут: σ_a^H , σ_a^B - амплитуда низкочастотного и высокочастотного циклов, соответственно; f_H , f_B - частота низкочастотного и высокочастотного циклов, соответственно.

Двухчастотное нагружение резко интенсифицирует процесс разрушения. Для реальных сварных конструкций характерны следующие диапазоны соотношения амплитуд $q = \sigma_a^B / \sigma_a^H$ и частот $p = f_B / f_H$:

$$0 < q < 1; 10 < p < 10^3. \quad (1)$$

Примем схематизацию двухчастотного цикла, которая позволяет использовать принцип линейного суммирования повреждений, принимая за меру повреждения прирост длины трещины от воздействия каждой компоненты двухчастотного нагружения ($\Delta\sigma_{\text{сум}}$, $\Delta\sigma^B$). При этом $\Delta\sigma_{\text{сум}} = \Delta\sigma^H + \Delta\sigma^B$ - сумма напряжений высокочастотной и низкочастотной компонент.

Продолжительность стадии зарождения макротрещины, как известно, определяется размером минимальной макротрещины L_{min} при данных параметрах нагружения $\sigma_{max}^{сум}$, r_a^B . Для двухчастотного нагружения размер начальной макротрещины определим по формуле:

$$L = \frac{(R_{Mce} \cdot D)^{\left(\frac{1}{m}+1\right)} \cdot 2,35d_{стр}}{\sigma_T^{\left(\frac{1}{m}-1\right)} \cdot (\sigma_{max}^{сум})^2 \cdot M^2} \quad (2)$$

где R_{Mce} – критерий, оценивающий сопротивление микросколу, D – коэффициент перегрузки, $d_{стр}$ – структурный параметр, зависящий от характеристик структуры и механизма микроскола, M – коэффициент, учитывающий геометрию трещины, m – коэффициент уравнения Коффина – Мэнсона.

Развитие микротрещины будет происходить, если $\sigma_{max}^{сум}$ будет больше или равно пределу выносливости σ_{Fr} при соответствующей асимметрии низкочастотного цикла $r_n^* = (\sigma_m^H - \sigma_a^H - \sigma_a^E) / (\sigma_m^H + \sigma_a^H + \sigma_a^E)$. Кроме того, вклад в усталостное повреждение в полцикле низкой частоты будут вносить те высокочастотные циклы, максимальное напряжение которых превышает предел выносливости, соответствующий асимметрии этого высокочастотного цикла ($r_n^E = \sigma_{min}^E / \sigma_{max}^E$). Коэффициент асимметрии r_n^E для любого высокочастотного цикла в случае синусоидального суммарного цикла определяется следующим образом:

$$r_n^E = \frac{\sigma_{min}^E}{\sigma_{max}^E} = \frac{\sigma_m^H + \sigma_a^H - \frac{4\sigma_a^H(n-1)}{p} - \sigma_a^E}{\sigma_m^H + \sigma_a^H - \frac{4\sigma_a^H(n-1)}{p} + \sigma_a^E} \quad (3)$$

где σ_m^H – среднее напряжение низкочастотной гармоники, σ_a^H – амплитуда низкочастотной гармоники; σ_a^E – амплитуда высокочастотной гармоники; p – соотношение частот; n – номер высокочастотного цикла, начиная с максимума низкочастотной гармоники ($n = 1, \dots, p/2$).

Преобразовав выражение (3), получим формулу:

$$r_n^E = \frac{\frac{1+r_n}{1-r_n} + 1 - q - \frac{4(n-1)}{p}}{\frac{1+r_n}{1-r_n} + 1 + q - \frac{4(n-1)}{p}} \quad (4)$$

где $q = \sigma_a^E / \sigma_a^H$ – соотношение амплитуд двухчастотного нагружения, r_n – коэффициент асимметрии низкочастотной гармоники

Максимальное напряжение $\sigma_{max}^E(n)$ высокочастотного цикла определится выражением:

$$\sigma_{max}^E(n) = \sigma_a^H \left(\frac{1+r_n}{1-r_n} + q + 1 - \frac{4(n-1)}{p} \right) \quad (5)$$

Ресурс на первой стадии при двухчастотном нагружения можно оценивать по выражению:

$$N_i^{dB} = N_1 \left(1 - \frac{n^*}{p} \right) \quad (6)$$

где $n^* = 2n - 1$ – количество повреждающих высокочастотных циклов за один низкочастотный, N_1 – количество циклов на первой стадии, до зарождения макротрещины при одночастотном нагружении. Если высокочастотная гармоника не вызывает повреждения, т.е. $\sigma_{max}^E < \sigma_{Fr}^E$, ресурс определяется так же, как при одночастотном нагружении.

Упругопластическое деформирование материала в вершине тещины можно представить как сумму размахов упругопластической деформации от низкочастотного цикла с размахом КИН $\Delta K_{сум}^H$ и от высокочастотных циклов с размахом ΔK_n^E , где n – номер высокочастотного цикла в низкочастотном

$$\sum \Delta e_i^p = \Delta e_i^{pH} + \Delta e_i^{pE}(1) + \Delta e_i^{pE}(2) + \dots + \Delta e_i^{pE}(n) = \Delta e_i^{pH} + \sum \Delta e_i^{pE}(n), \quad (7)$$

где Δe_i^{pH} – размах интенсивности пластической деформации суммарного цикла, Δe_i^{pE} – размах интенсивности пластической деформации высокочастотного цикла. Т.е. Δe_i^p представляет собой размах интенсивности пластической деформации, определяемый в центре структурных элементов, лежащих на линии развития трещины и определяется на базе деформационного критерия разрушения, включающего усталостное повреждение от размаха интенсивности пластической деформации и наложения односторонней пластической деформации в структурном элементе.

Высокочастотные циклы будут вызывать повреждение, если ΔK_n^E для этого цикла больше или равно ΔK_{thr} для соответствующей асимметрии высокочастотного цикла r_n^E , т.е.

$$\Delta K_n^E = \Delta \sigma \sqrt{\pi l} \cdot M \geq \Delta K_{thr} \quad (8)$$

где ΔK_{thr} – пороговый КИН для данной асимметрии.

В пределах действия низкочастотного цикла размах $\Delta \sigma$ высокочастотного цикла не меняется, а меняется максимальное КИН и асимметрия цикла. Так как текущее значение коэффициента асимметрии высокочастотного цикла определяется по формуле (4), то максимальное значение КИН повреждающего высокочастотного цикла будет равно:

$$K_{max}^E(n) = \sigma_a^H \sqrt{\pi l} \cdot M \left(\frac{1+r_n}{1-r_n} + q + 1 - \frac{4(n-1)}{p} \right) \quad (9)$$

Следовательно, при неизменных параметрах нагружения на каждом шаге продвижения макротрещины возрастает размах КИН низкочастотного и высокочастотного циклов, что увеличивает количество повреждающих высокочастотных циклов в полцикле низкочастотной нагрузки.

Ресурс на второй стадии процесса разрушения определяется суммированием количества циклов N_{kj} на каждом шаге продвижения трещины, где

$$N_{kj} = f \left(\sum \Delta e_i^p \right). \quad (10)$$

Максимальное напряжение внешней нагрузки обычно не превышает $0,3 \dots 0,5 \sigma_T$, что даже при наложении вибрационной нагрузки с $q=1$ делает малой вероятность усталостного разрушения за $N < 5 \cdot 10^8$ циклов. Поэтому наблюдаемые на практике многочисленные разрушения сварных соединений связаны с изменением параметров

внешнего нагружения в районе сварного соединения. Прежде всего, проявляется влияние конструктивных и эксплуатационных концентраторов напряжений.

Концентраторы любого происхождения увеличивают величину максимального напряжения:

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\max}^{6H} \cdot \alpha_{\sigma} \quad (11)$$

где σ_{\max}^{6H} - величина внешней нагрузки; α_{σ} - теоретический коэффициент концентрации напряжений. Оценку α_{σ} для различных соотношений геометрических параметров сварного соединения можно проводить по формулам, приведенным в [2, 3].

На базе предложенных схем оценки стадий процесса разрушения разработан алгоритм расчета ресурса при двухчастотном нагружения. Исходными данными являются:

σ_{\max}^H и σ_{\min}^H , σ_a^H - максимальное, минимальное и амплитудное значение низкочастотной гармоники; σ_a^B - амплитудное значение высокочастотной гармоники; f_H и f_B - частота низкочастотной и высокочастотной гармоники; α_{σ} - теоретический коэффициент концентрации при наличии концентратора; $\sigma_{\text{ост}}$ - значение ОСН; характеристики материала: E , σ_B , Ψ , μ - модуль упругости, предел прочности, относительное сужение, коэффициент Пуассона (принимаются как для основного металла, так и для металла сварных швов в соответствии с гарантированными значениями по ГОСТам и ТУ); $d_{\text{стр}}$ - эффективный размер структурного элемента (определяется экспериментально металлографическим анализом); c и m - коэффициенты уравнения Коффина-Мэнсона ($c=0,5\ln(1-\Psi)^{-1}$ и $m=0,5\dots 0,6$); t - толщина металла.

Алгоритм включает следующие этапы:

1. Находятся характеристики материала σ_T , ΔK_{th0} ,

$\Delta K_{th0,8}$ по выражению $\sigma_T = 74 + 23,2d_{\text{стр}}^{-1/2}$ и формулам:

$$K_{th} = \sqrt{\frac{(R_{Mce} \cdot D)^{\left(\frac{1}{m}+1\right)} \cdot 4\pi \cdot d_{\text{стр}}}{\sigma_T^{\left(\frac{1}{m}-1\right)} \cdot 1,7}} \quad (12)$$

где R_{Mce} - сопротивляемость микроскопу деформированного материала,

$$K_{thr} = \frac{\Delta K_{thr}}{(1-r)} \quad (13)$$

где ΔK_{thr} - предельный размах коэффициента интенсивности напряжений,

$$\Delta K_{thr} = K_{th0} + (r/0,8) \cdot (\Delta K_{th0,8} - K_{th0}), \quad (14)$$

где $\Delta K_{th0,8}$ в соответствии с работой [2] определяется по формуле

$$\Delta K_{th0,8} = 3 \cdot [MПа \cdot m^{1/2}] - 0,0008 [m^{1/2}] \cdot \sigma_T. \quad (15)$$

2. Определяется размер начальной микротрещины l_0

$$l_0 = (0,03\dots 0,1) (K_{th} / \sigma_T)^2 \quad (16)$$

где 0,03 - коэффициент для гипотезы Хубера-Мизеса; 0,1 - коэффициент для гипотезы Сен-Венана-Треска.

3. Уточняются параметры низкочастотной гармоники σ_{\max}^H , σ_{\min}^H , r_n с учетом действия концентрации напряжений и ОСН.

4. Определяются параметры двухчастотного нагружения p и q .

5. Вычисляются параметры низкочастотного цикла

$$\sigma_{\max}^{сум}, \sigma_{\min}^{сум}, r_n^*.$$

6. Оценивается размер минимальной макротрещины L по выражению (2).

7. Рассчитывается предел выносливости $\sigma_{Fr_n^*}$ для определенной асимметрии низкочастотного цикла r_n^* по выражению

$$\sigma_{Fr} = 0,7\sigma_{0,2} \left[\pi l \frac{0,49 \cdot \sigma_T^2 (1-r)^2}{\Delta K_{thr}^2} + 1 - \mu + \mu^2 \right]^{-0,5} \quad (17)$$

где l - длина микротрещины,

8. Производится сравнение предела выносливости

$\sigma_{Fr_n^*}$ с максимальным значением суммарной нагрузки

$\sigma_{\max}^{сум}$. Если $\sigma_{\max}^{сум} < \sigma_{Fr_n^*}$, то разрушения нет на базе 5×10^8

циклов; если $\sigma_{\max}^{сум} \geq \sigma_{Fr_n^*}$, то определяется влияние высокочастотных циклов.

9. Устанавливается асимметрия высокочастотного цикла r_n^B и его максимальное значение $\sigma_{\max}^B(n)$, которое

равно максимальной суммарной нагрузке $\sigma_{\max}^{сум}$.

10. Рассчитывается предел выносливости $\sigma_{Fr_n^B}$ для максимального высокочастотного цикла по формуле (17). Если первый цикл неповреждающий, т.е.

$\sigma_{\max}^B(1) < \sigma_{Fr_n^B}$, то определяется ресурс на первом шаге,

учитывая только действие низкочастотного цикла. Процедуру проверки высокочастотного цикла осуществляют на каждом шаге трещины. В случае, когда первый цикл повреждающий, рассчитывается асимметрия и предел выносливости для следующего цикла и т.д., пока не определится номер неповреждающего цикла. Количество повреждающих циклов определяется в соответствии с выражением $n^*=2n-1$. Тогда ресурс на первой стадии оценивается зависимостью (6).

11. Рассчитываются K_{\max} , K_{\min} , ΔK низкочастотного суммарного цикла, значения которых служат исходными данными для расчета размаха интенсивности пластической деформации $\Delta \epsilon_i$.

12. Находится критическая длина трещины L_k .

13. Оценивается размах КИН первого высокочастотного цикла. Если

$\Delta K^B \geq \Delta K_{thr}^B$, то цикл является повреждающим и определяется размах $\Delta \epsilon_i^{PB}$.

14. Находится количество повреждающих циклов $n^*=1+2(n-2)$ и суммарный размах $\sum \Delta \epsilon_i^{PB} = \Delta \epsilon_i^{PB} + \Delta \epsilon_i^{PB}$. n^* ; вычисляется количество повреждающих циклов для первого структурного элемента. Далее, длина трещины увеличивается $L_{j+1} = L_j + d_{\text{стр}}$ и расчетный цикл повторяется.

15. В случае, если $\Delta K^B < \Delta K_{thr}^B$, количество повреждающих циклов рассчитывается в соответствии с размахом $\Delta \epsilon_i^{PB}$. После увеличения L_j на $d_{\text{стр}}$ производится проверка согласно пункту 13.

16. Ресурс на стадии развития макротрещины от L до L_k определяется суммированием количества циклов N_{kj} на всех дискретных шагах ее продвижения: $N_2 = \sum N_{kj}$.

17. Общий ресурс складывается из суммы $N = N_1 + N'_2 + N''_2$, где N''_2 - количество циклов, при которых трещина растет под воздействием, как низкой, так и высокой частоты.

Предложенный метод основан на неразрушающих методах получения исходной информации и не требует больших затрат.

Литература

1. Труфяков В.И. Некоторые вопросы повышения несущей способности и долговечности сварных конструкций // Надежность и долговечность машин и сооружений.- 1983.- №3.- С.3-12.
2. напряжений: (Обзор) // Завод. лаб.- 1968.- 34, №3.- С.331-336.
3. Волков В.М., Михеев Н.Н. Усталостная трещиностойкость судовых конструкций при двухчастотном нагружении // Судостроение.- 1985.- №4.- С.9-12.
4. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках. Тр. АН УССР Ин-т электросварки им.Е.О.Патона.- Под ред. В.И. Труфякова.- Киев.: Наукова думка, 1980.- 256 с.

УСИЛИТЕЛЬ НА ЛПД, НАХОДЯЩИЙСЯ В РЕЖИМЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СВЧ-АМ ОПТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Геворкян Армен Валерьевич

аспирант, младший научный сотрудник, Южный федеральный университет, г. Таганрог

THE AMPLIFIER ON THE BASIS OF THE ATD, WHICH IS IN DETECTION MODE OF THE UHF-AM OPTICAL OSCILLATIONS

Gevorkyan Armen, PhD student, junior research fellow, SFEDU, Taganrog

АННОТАЦИЯ

На основе решения уравнения усилителя на ЛПД, находящегося в режиме детектирования СВЧ-АМ оптических колебаний, определяется АЧХ усилителя. Исследуется влияние многочисленных параметров на продукт детектирования.

ABSTRACT

On the basis of the solution of the equation of the amplifier on the ATD, which is in the detection mode of the UHF-AM optical oscillations, is determined AFC of the amplifier. Investigated influence of the system parameters on the product of the detection.

Ключевые слова: ЛПД; усилитель; оптический детектор.

Keywords: ATD; amplifier; optical detector.

Усилитель на основе ЛПД может быть использован в качестве детектора СВЧ-АМ оптических колебаний. Это оправдано за счет того, что фотодиоды имеют ограниченные частотные свойства. В то время как, ЛПД может работать не только в СВЧ-, но и в КВЧ-диапазоне [1,2,3].

Процесс детектирования заключается в следующем. СВЧ-АМ оптическое колебание подается на р-п переход ЛПД, проводимость которого имеет нелинейный характер. В результате этого осуществляется разложение сложного модулированного оптического колебания в рабочем диапазоне частот колебательной системы, в которой находится ЛПД, оказывается также и СВЧ-сигнал, которым промодулировано оптическое колебание. Выделение модулирующего СВЧ-сигнала колебательной системой и является процессом детектирования. Отрицательным сопротивлением ЛПД создается активная регенеративная среда, которая усиливает продетектированный сигнал. Так как детектирование осуществляется усилительным устройством, то состояние, в котором должно находиться колебательная система, должно быть устойчивым, когда баланс амплитуд не осуществляется. Настоящее условие должно быть обязательно соблюдено при решении дифференциального уравнения усилительной системы.

Эквивалентная схема усилителя с учётом оптического воздействия на р-п переход ЛПД изображена на рисунке 1, где:

$R = R_n + R_{onm} + R_\partial$ — суммарное активное сопротивление усилителя;

$X = X_{onm} + X_\partial - X_{cd}$ — суммарное реактивное сопротивление усилителя без учёта «холодной» ёмкости;

R_n — сопротивление нагрузки;

$\frac{1}{j\omega C} = X_{cd}$ — «холодная» ёмкость диода;

$j\omega L = X_p$ — индуктивность резонатора;

$R_\partial = \beta_1 + \frac{3}{4} \beta_3 A^2$ — активное сопротивление ЛПД;

$X_\partial = \frac{\alpha_1}{\omega} + \frac{3}{4} \frac{\alpha_3}{\omega^3} A^2$ — реактивное сопротивление ЛПД;

$R_{onm} = \frac{K}{y^2} \frac{I_{s0}}{I_0} \cos \varphi_s - \frac{K}{y} \frac{M}{A} \frac{I_{s0}}{A} \cos \varphi$ — активное сопротивление, вызванное оптическим воздействием на р-п-переход ЛПД;

$X_{onm} = -\frac{K I_{s0}}{y^2 I_0} \sin \varphi_s + \frac{K M I_{s0}}{y A} \sin \varphi$ — реактивное сопротивление, вызванное оптическим воздействием на р-п-переход ЛПД;
 A — амплитуда колебаний;

I_{s0} — постоянная составляющая фототока, вызванного оптическим воздействием;
 I_0 — ток питания диода;
 M — коэффициент модуляции оптического сигнала.
 Остальные параметры подробно описаны в [4].

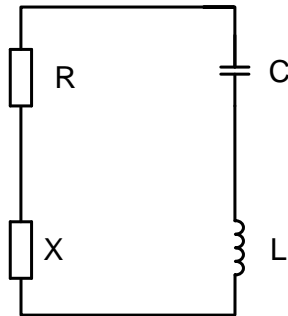


Рисунок 1 — Эквивалентная схема усилителя с учётом оптического воздействия на р-п переход ЛПД

Для представленной на рисунке 1 схемы дифференциальной уравнение, описывающее исследуемый усилитель, имеет вид:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \left(\omega_0^2 - \frac{\omega X}{L} \right) i = 0 \quad (1)$$

где ω_0 — резонансная частота контура «холодного» усилителя.

Решение уравнение (1) методом «медленно меняющихся амплитуд» [5] позволяет получить укороченные

$$x_2 = \left[2 \left(R_H + \beta_1 + \frac{K I_{s0}}{y^2 I_0} \cos \varphi_s \right) \right] \frac{1}{\left(\frac{3}{4} \beta_3 (M I_{s0})^2 \right)^2};$$

$$x_1 = \left[\left(R_H + \beta_1 + \frac{K I_{s0}}{y^2 I_0} \cos \varphi_s \right)^2 + \left(L \left(\omega - \frac{\omega_0^2}{\omega} + \omega_{don} \right) - \frac{K I_{s0}}{y^2 I_0} \sin \varphi_s \right)^2 \right]_x$$

$$\frac{1}{\left(\frac{3}{4} \beta_3 (M I_{s0})^2 \right)^2} - \frac{1}{a^2} \left(\frac{K}{y} \right)^2 \frac{1}{\left(\frac{3}{4} \beta_3 (M I_{s0})^2 \right)^2};$$

уравнения, которые после ряда математических операций можно преобразовать в уравнение 6-ой степени (2), решением которого является АЧХ детектора СВЧ-АМ оптических колебаний.

$$a^6 x_3 + a^4 x_2 + a^2 x_1 = 0 \quad (2)$$

$$a = \frac{A}{M I_{s0}};$$

$$x_3 = 1;$$

$$\omega_{don} = \frac{3}{4L} \frac{\alpha_3}{\omega^3} A^2$$

Для проведения подробного анализа исследуемой сложной колебательной системы целесообразно на основании уравнения (2) рассчитать ряд важных зависимостей, позволяющих проследить влияние параметров исследуемой системы на эффективность процесса детектирования (рисунок 2).

Из рисунка 2 следует, что уменьшение индуктивности резонатора (эквивалентно увеличению резонансной частоты) сопровождается уменьшением мощности протектированного сигнала и коэффициента усиления; полоса пропускания при этом увеличивается. Коэффициент модуляции влияет в основном на мощность протектированного сигнала; его влияние на коэффициент усиления весьма мало (порядка десятых — сотых долей дБ).

Кроме того, чем больше сопротивление нагрузки, тем меньше мощность протектированного сигнала.

Например, при сопротивлении $R_H = 7,0$ Ом, (когда коэффициент модуляции $M = 0,9$, постоянная составляющая фототока $I_{s0} = 250$ мкА, индуктивность резонатора $L = 0,895$ нГн) мощность составляет примерно 90 мкВт; при $R_H = 7,5$ Ом — 53 мкВт, при $R_H = 8,0$ Ом — примерно 36 мкВт, то есть, увеличение сопротивления нагрузки на 1 Ом приводит к уменьшению мощности протектированного сигнала примерно на 60%. Причем, эта тенденция остается такой же и при других значениях параметров детектора.

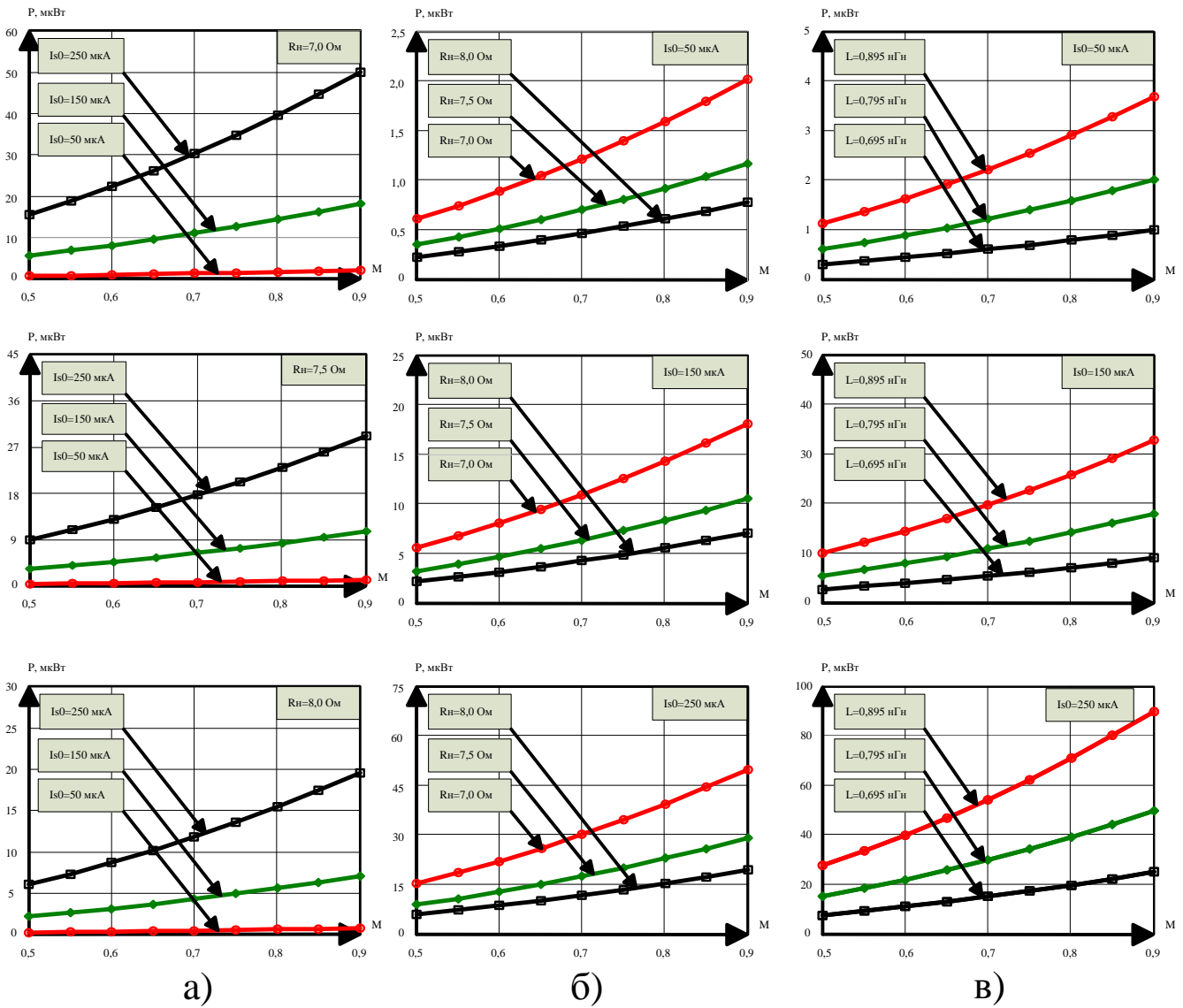


Рисунок 2 – Зависимость мощности P протектированного сигнала от коэффициента модуляции M : а) при различных постоянных составляющих фототока I_{s0} ; б) при различных сопротивлениях нагрузки R_n ; в) при различных индуктивностях резонатора L .

Увеличение сопротивления R_n сопровождается увеличением полосы пропускания усилителя-детектора. Так при вышеприведенных параметрах она составляет: для $R_n = 7,0$ Ом – 444 МГц, $R_n = 7,5$ Ом – 611 МГц и $R_n = 8,0$ Ом – 791 МГц, то есть для данного случая увеличение сопротивления нагрузки на 1 Ом даёт увеличение полосы пропускания почти на 350 МГц.

Проведенный выше анализ АЧХ детектора сделан без учёта нелинейной зависимости импеданса диода от амплитуды СВЧ напряжения, вызывающей добавку к частоте

$\omega_{don} = \frac{3}{4L} \frac{\alpha_3}{\omega^3} A^2$ [6], в связи с тем, что усилительное устройство, как правило, рассчитывается на малом сигнале, позволяющем получить максимальный коэффициент усиления.

Таким образом, в работе установлено, что в зависимости от соотношения варьируемых параметров, значения которых показаны выше, можно изменять мощность протектированного колебания и существенно влиять на два основных параметра усилителя-детектора – коэффициент усиления и полосу пропускания, что весьма важно при инженерных разработках подобных устройств.

Список литературы

1. Biswas B.N., Bhattacharya A.K., Mukhopadhyay, Chaudhury S. A new possibility of detecting lightwave signals through IMPATT oscillators // IEEE Journal on Selected Areas in Communication. – 1990. – Vol. 8, №7. – P. 1387-1396
2. Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В. Определение влияния оптического сигнала на импедансные свойства лавинно-пролетного диода // Известия ВУЗов. Электроника. – 2008. – №3. – С. 58-62

3. Алексеев Ю.И., Демьяненко А.В. Детектирование оптических амплитудно-модулированных колебаний лавинно-пролетными диодами // Радиотехника — 2008. — №11. — С. 80-82
4. Геворкян А.В., Демьяненко А.В., Алексеев Ю.И. Альтернативное детектирование СВЧ-амплитудно-модулированных оптических колебаний на основе методов фотоники // «Известия высших учебных заведений. Физика», Том 56, №9/2. Томск, 2013. — С.43-45
5. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей: учебное пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 1982. — 280 с.
6. Алексеев Ю.И., Орда-Жигулина М.В., Демьяненко А.В.. Вопросы СВЧ-модуляции и демодуляции излучения инжекционных полупроводниковых лазеров. — Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011. — 209 с.

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» В СФЕРЕ УСЛУГ

Голубенко Ольга Александровна

Канд. тех. наук, доцент кафедры менеджмента качества, г. Саратов

Коник Нина Владимировна

Докт. с-х. наук, профессор доцент кафедры менеджмента качества, г. Саратов

Шевченко Юлия Александровна

Магистрант кафедры менеджмента качества, г. Саратов

Всё актуальнее в России становится идея бережливого производства. По сути это современная концепция менеджмента, которая, в свою очередь, ориентированная на снижение потерь, упрощение процедур и ускорение выпуска продукции, что немало важно в наше время. Особо подчеркивается ориентация на непрерывное совершенствование процессов и постоянное увеличение количества конкурентных преимуществ: повышение экономической эффективности производства за счет сокращения потерь.

Актуальность данной статьи обуславливается простым принципом, которым руководствуется практически каждый предприниматель — при минимальном использовании ресурсов получить максимальные результаты. А если учесть, что существуют невозполнимые ресурсы, то приходится изобретать все новые способы экономии.

Концепция Lean или бережливое производство показывают, как путем непрерывного совершенствования организационных процессов добиться максимально возможной экономии всех ресурсов предприятия.

Если обратиться к проблемам, которые могут встать перед предприятиями сферы услуг, то сюда можно отнести низкую производительность, высокие производственные потери, низкое качество обслуживания, постоянная нехватка материальных, человеческих и финансовых ресурсов. И все эти проблемы, возможно, решить с помощью системы «Бережливое производство». Использование концепции бережливого производства в России как для промышленных предприятий доказывает свою эффективность на таких примерах как ОАО «ГАЗ», ОАО «КамАЗ», ОАО «КрАЗ» и т. д. Но в связи с актуальностью данной темы приведём такие примеры, которые относятся к сфере услуг - ОАО «Сбербанк», ОАО «РЖД», компания «Grand Gift» и т. д.

Как известно, для внедрения бережливое производство необходимо время, а порой много времени. А если мы обращаемся к сфере услуг, то тут существуют системы для внедрения которых требуются годы. Как например внедрение бережливого производство в ОАО «Сбербанк». Внедрение в Сбербанк системы «Бережливое производство» начал Герман Греф. Герман Греф стал новым руководителем Сбербанка в ноябре 2007 года. Против

внедрения системы был единственный аргумент, и он состоял в том, что начав реформировать огромную инерционную машину, можно было бы только испортить. Но изменения назревали давно. В их основу легла система производства компании Toyota, разработанная в 1950-х годах Таичи Оно. Она была призвана сокращать бесполезные трудозатраты, сглаживать неровности в производственном процессе, вызванные колебанием объемов и непредвиденными ошибками.

Было выбрано два отделения Сбербанка. Одно из экспериментальных отделений Сбербанка находится в Москве, другое — в Нижнем Новгороде.

Много времени было потрачено на создание операционного зала: как поставить столы, принтеры, мониторы, как разложить документы. Опирались при этом на мнение самих клерков. Таким образом, удалось снизить напряженность: и операционистке приятно, когда ее мнением интересуются. Рабочий день экспериментаторов начинается и заканчивается проведением пятиминутки. На утренней, сотрудники обсуждают задачи грядущего дня, вечером подводят итоги. Никаких специальных терминов, которыми так полна система, никаких "муда", "гемба" и "кайдзен" руководители не употребляют: обходятся разъяснениями на русском рабочем. Вечером результаты работы оперативно вывешиваются на специальную доску — можно увидеть, кто, сколько и каких операций провел. Исчез обеденный перерыв. А у сотрудников появился плавающий график ухода на обед — с 15-минутными пересечениями. Каждый сотрудник располагал 45 минутами, чтобы пообедать.

Процесс замены сберкнижки сократился с 20 обязательных операций, на которые тратилось 3,5 мин, до 40 сек, куда умещается пять действий. Замена книжки — не такая уж и редкая процедура.

Конечно это не полный перечень процедур, которые подвергли изменениям. Но и по представленным видно какие положительные изменения произошли.

Как мы можем видеть ОАО Сбербанк достиг поставленных целей, а эти цели были поставлены с помощью системы бережливого производства, которая в свою очередь вывела ОАО Сбербанк на новую ступень развития.

Мы уже обращали внимание на то, что в сферу услуг, систему бережливого производства нужно вводить не один год. Хотя следует отметить, что и в течении года положительные стороны будут заметны.

Сама система бережливого производства может быть оптимальным решением для салонного бизнеса, которую нужно вводить постепенно. Многие салоны, работающие на рынке не один десяток лет, имеют большую базу постоянных клиентов. Но тут возникают трудности: либо мастер, работающий очень давно в салоне забирает клиентов домой, либо в новый салон. Либо рядом открывается новый салон, как правило, с наименьшими ценами. Что делать салону? В соответствии с требованиями системы бережливого производства нужно вводить более широкий спектр услуг, с более квалифицированными сотрудниками. Сразу встает вопрос, а где же взять квалифицированный персонал. В данном случае, обращаться в центры обучения мастеров. Также необходимо, иметь статью расходов, которая связана с рекламной деятельностью и продвижением каких-то акций. Возможно, иметь собственный сайт, по средствам которого люди всегда смогут узнать телефон, либо наличие той или иной услуги. Улучшение навыков администраторов - как одна из важных функций привлечения клиентов. Редкий клиент возвратится в салон, где он долго ждал мастера. А это, как правило, ошибка администратора. Оценивая высокое качество предлагаемых услуг, клиенты будут рекомендовать салон друзьям и родственникам. Соответственно,

если клиент услугой доволен, возможно, что та или иная услуга найдёт своё продолжение. Для повышения производительности можно ввести и такую процедуру, как выезд мастера на дом. Процедура выступает как привлечение дополнительного дохода.

Если говорить в общем, то каждый процесс, каждая услуга в салонном бизнесе должна быть измерена. И только тогда можно считать, что процесс внедрения системы закончен.

Владельцы салонов-красоты уделяют очень много сил и времени вопросам организации бизнеса. Если подойти к организации бизнеса с точки зрения бережливого производства можно получить продуманную работающую схему которая позволит повысить эффективность, поднять доходы и увеличить прибыль.

Список использованной литературы

1. Особенности разработки и внедрения систем менеджмента качества в испытательной лаборатории/О.А. Голубенко, А.А. Дедух – Журнал № 7 «Евразийский союз ученых», 2014 – с. 48-50, ISSN 2575-7999.
2. Хироки Хирано, 5 S для рабочих мест. Как улучшить свое рабочее место (на спирали) – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2010.- 125. ISBN 5-503148-05-0.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Гурьянова Екатерина Олеговна
аспирант НЧИ КФУ, г. Набережные Челны

THE MODELING TECHNIQUES FOR AUTOMATIVE DESIGN PROCESS

Ekaterina Guryanova, PhD student of Branch of KFU in Naberezhnye Chelny

АННОТАЦИЯ

Проблема конкурентоспособности автомобиля связана с повышением энергоэффективности продукта на каждом этапе жизненного цикла. Современные методы моделирования позволяют достичь целей по совершенствованию продукта. С помощью метода деревьев и IDEF3 методологии был проведён анализ процесса проектирования. Был рассмотрен процесс организации расчётных исследований с использованием методов планирования эксперимента. Сделан вывод о сокращении времени на проектирование автомобиля с применением правильно подобранных методов.

ABSTRACT

Automobile competitiveness' problem connected with product's power efficiency at each stage of life cycle. Modern modeling methods allow to achieve the goals for improving product. Automotive design process was analyzed by the classification tree method and IDEF3 methodology. The stage of computational analysis was carried out using the design of experiments methods. The conclusion is maybe drawn that a design time can be reduced with correctly chosen methods.

Ключевые слова: конкурентоспособность автомобиля; метод деревьев; IDEF3 методология; расчётные исследования; планирование эксперимента

Keywords: automobile competitiveness; classification tree method; IDEF3 methodology; computational analysis; design of experiments

В условиях глобализации экономики Россия переходит на международные стандарты экологической ответственности, энерго- и ресурсоэффективности. Для достижения целей национальной стратегии по повышению энергоэффективности должна быть значительно снижена

энергоёмкость транспортного сектора. Повышение экономичности транспортных средств является при этом одной из важнейших задач.

Мероприятия по улучшению эксплуатационных свойств проводятся на этапе проектирования автомобилей нового модельного ряда. При создании автомобиля с

улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также для повышения его конкурентоспособности, специалисты научно-технического центра ориентируется как на достижения в области техники и технологии, так и на требования клиента.

При этом необходимо сокращать сроки выхода продукта на рынок на всех этапах его создания. Проектирование автомобиля является одним из наиболее трудоемких и в то же время наиболее ответственных этапов, поскольку ошибки на данной стадии могут негативно сказаться на всех последующих этапах жизненного цикла продукта. Этот процесс был рассмотрен в качестве объекта исследования.

Над модернизацией продукта работают разные категории специалистов, локальные цели которых могут различаться, так, например, инженер-расчётчик заинтересован в быстрой и эффективной верификации функциональной модели, инженер-конструктор должен получить рекомендации по результатам исследований, технологи ориентированы на сокращение затрат технологической подготовки производства (ТПП). Однако главная цель, в которую каждый из них вносит свой вклад – создание конкурентоспособного автомобиля. Для определения логики целей и их иерархии на этапе анализа процессов использовался метод деревьев, предложенный У.Черчменом и Р.Акоффом в 1957 году для решения проблем принятия решений в промышленности. (рис. 1).

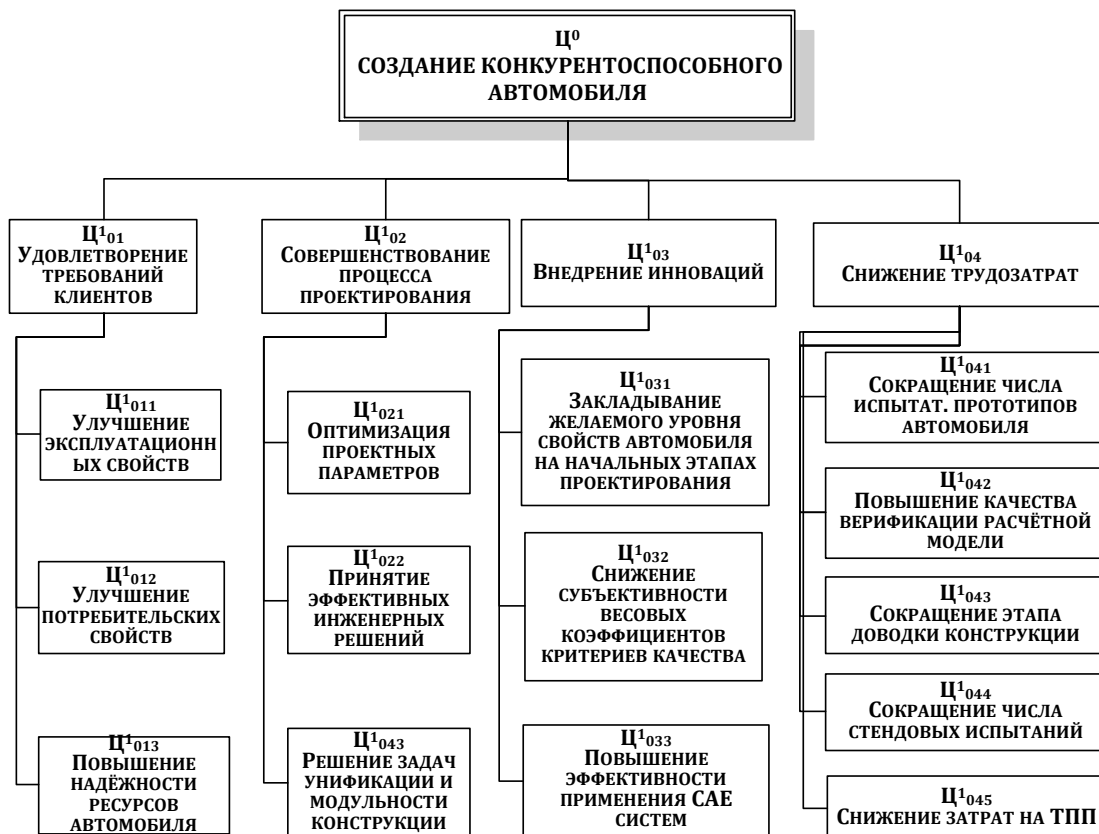


Рисунок 1. Дерево целей процесса проектирования автомобиля

При этом в качестве приоритетных целей были выбраны следующие:

Ц¹₀₁₁ – Улучшение эксплуатационных свойств (топливной экономичности и скоростных свойств). Эта цель характеризуется числовыми значениями таких параметров, как топливная экономичность, скоростные свойства, управляемость, проходимость автомобиля. При реализации генеральной цели эта цель наиболее важна, поскольку отражает предпочтения клиента.

Ц¹₀₂₁ – Оптимизация проектных параметров. Такие проектные параметры, как цикличность, продолжительность, ресурсоёмкость можно изменять с учётом правильно подобранных методов. Одним из таких примеров может служить переход от однокритериальной к многокритериальной задаче оптимизации.

Ц¹₀₄₂ – Повышение качества верификации расчётной модели. Использование статистических методов для обработки данных, позволяет проверять результаты расчётных исследований, находить контрольные показатели, ориентировочные коэффициенты. По итогам верификации расчётная модель в дальнейшем или используется для исследований, или корректируется.

Применение современных методов и средств моделирования позволяет значительно оптимизировать процесс проектирования. Для анализа процессов проектирования его этапы были декомпозированы с применением IDEF-методологии. Декомпозиция позволила выделить этапы проведения расчётных исследований, разработки 3D модели и проведения виртуальных испытаний. Этап проведения расчётных исследований детально рассмотрен на рисунке 2.

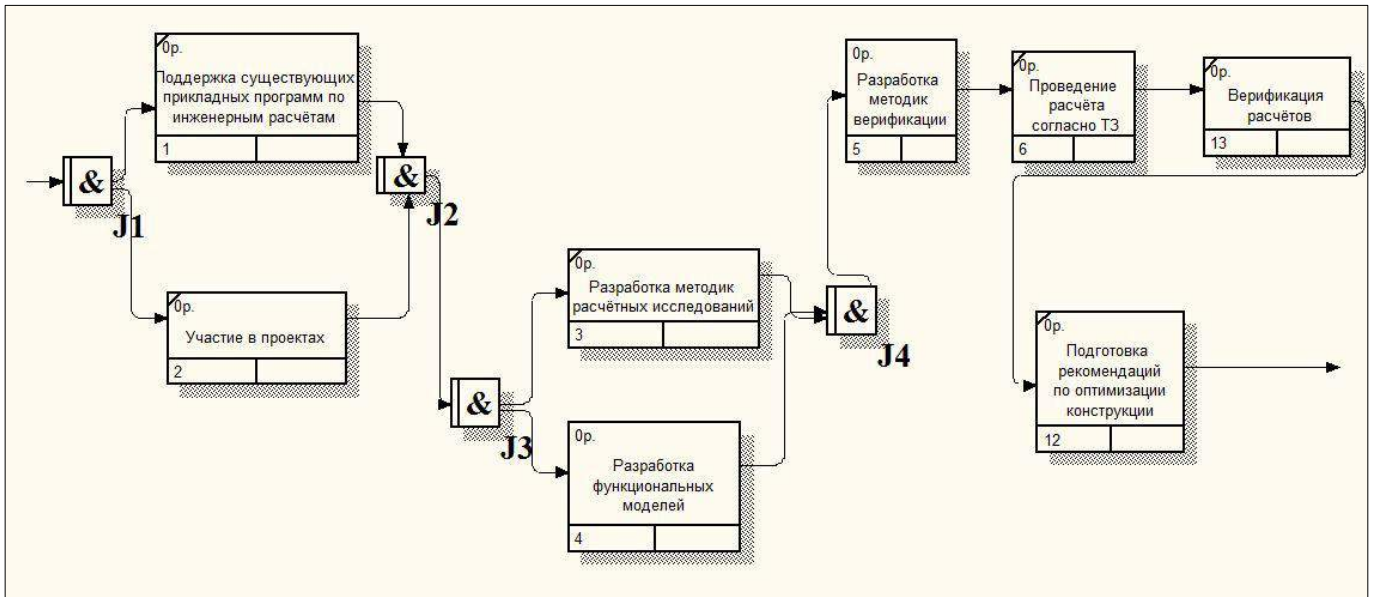


Рисунок 2. IDEF3–диаграмма декомпозиции процесса «Проведение расчётных исследований»

Разработка методики верификации – это процесс, включающий в себя множество операций, связанных с обработкой информации и подготовкой рекомендаций (рис. 3). Для расчётов применяются: графические методы, методы обратного расчёта, аппроксимации и т.п. Входные потоки данных формируются по протоколам контрольных

испытаний. Для верификации методики, основанной на статистическом анализе, применяются показатели, полученные в процессе эксплуатационных испытаний. В результате проведенной верификации расчётной модели автомобиля, подтверждается или отклоняется сходимость расчётных и экспериментальных данных.

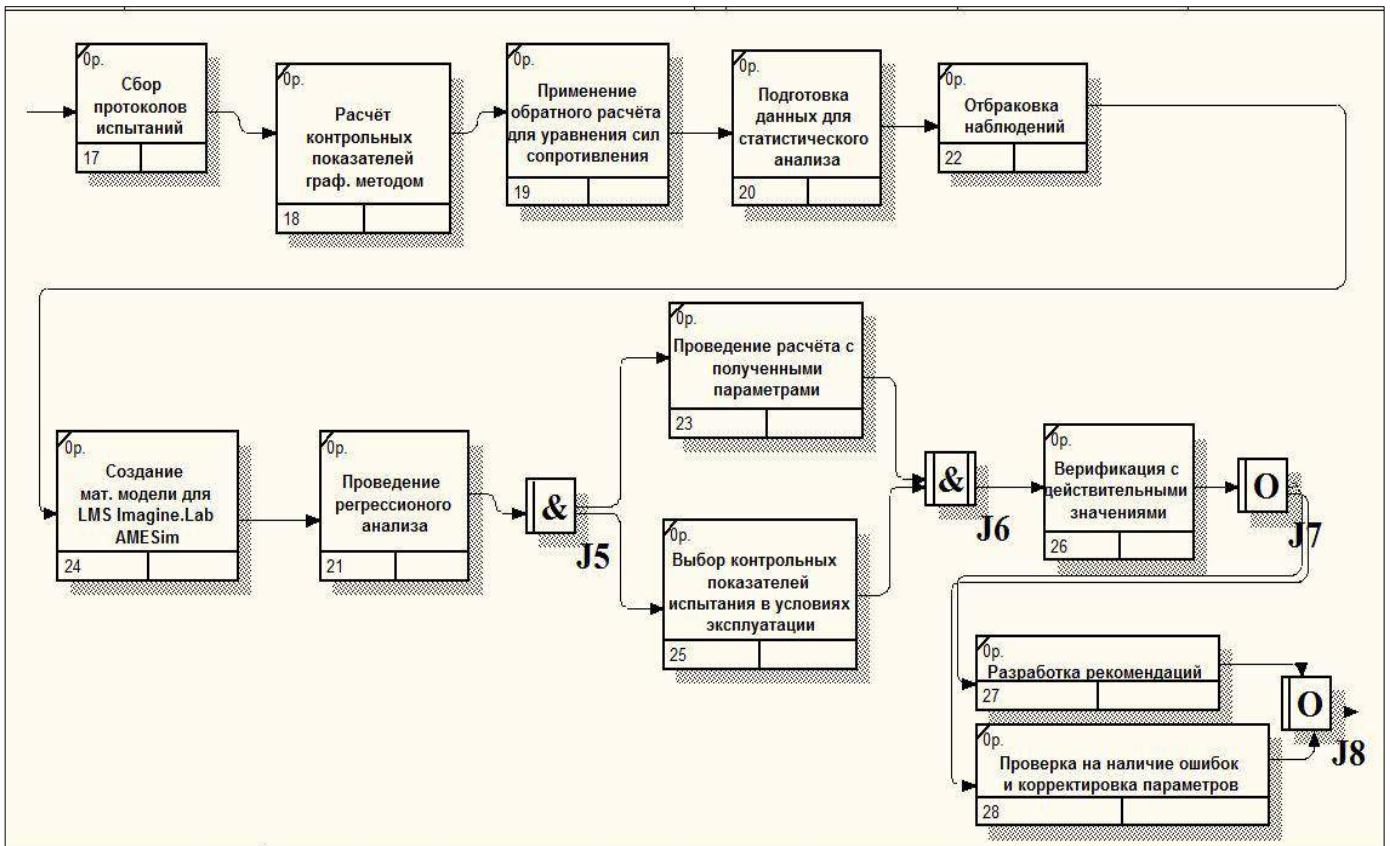


Рисунок 3. IDEF3–диаграмма декомпозиции процесса «Разработка методики верификации»

Проведение экспериментальных исследований выполняется на основе теории движения автомобиля.

С целью разработки рекомендаций по выше описанному алгоритму действий была разработана расчётная модель автомобиля с помощью программного пакета LMS

Imagine.Lab AMESim. Постановка эксперимента потребовала вывода и применения зависимостей, описывающих такие характеристики автомобиля, как скоростные свойства и расход топлива. Была выбрана локальная область эксперимента: определен основной уровень и интервалы

варьирования. Построение плана эксперимента было сведено к выбору экспериментальных точек, симметричных

относительно основного уровня. Отобранные факторы отвечали требованиям управляемости, точности замера и однозначности.

Таблица 1

Факторы, отобранные для полнофакторного эксперимента 2^6

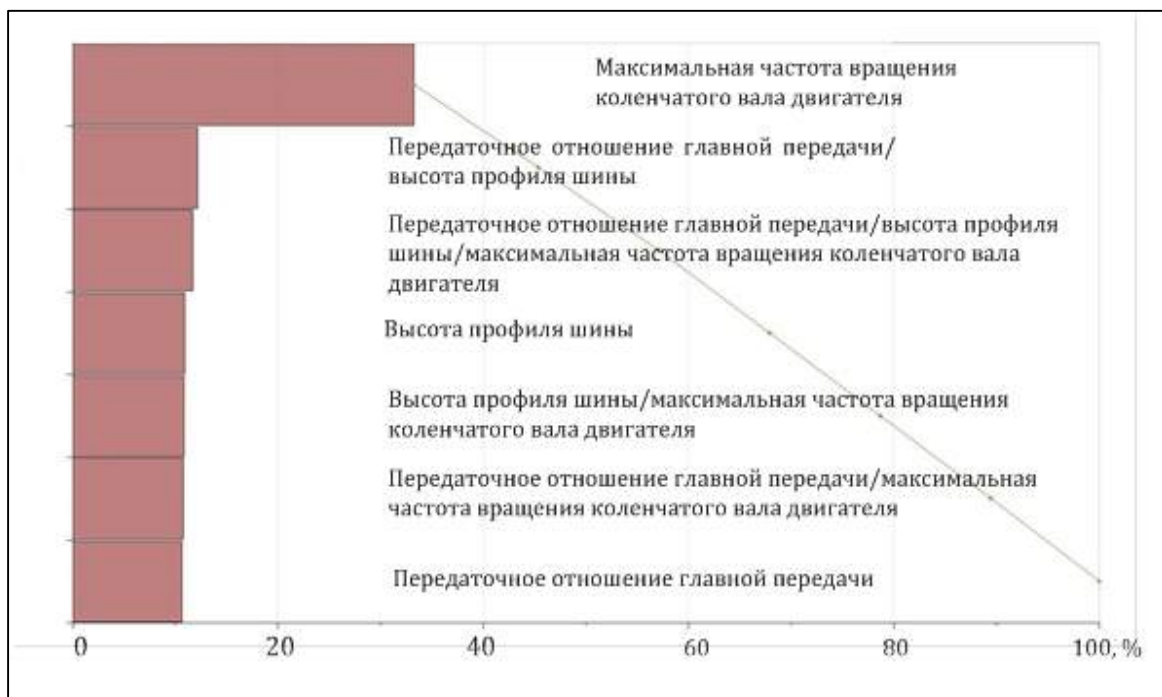
Конструктивный фактор	Обозначение, ед. изм.
Максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя	n_{\max} , (об/мин)
Высота профиля шины	h , %
Передаточное отношение главной передачи	i_0
Момент инерции колёса	J , кг · м ²
Рабочий объём двигателя	V , л ³
Передаточное отношение высшей передачи	i_n

Поскольку коэффициент полезного действия автомобиля отражает его эксплуатационные свойства, в том числе расход топлива и скоростные свойства, он был использован в качестве функции отклика.

В качестве формулы для расчёта КПД была использована формула (1). Так как она универсальна и применима для всех режимов движения грузовых автомобилей.

$$\eta_a = 0,0344 \cdot \sqrt{\frac{m_{гр} \cdot v_{ср}}{Q_{ср}}} \quad (1)$$

Для выбора из шести факторов наиболее значимых, был проведён полнофакторный эксперимент 2^6 , в результате которого была получена диаграмма Парето, с помощью которой осуществлялся отбор факторов для последующего эксперимента. Было установлено, что на КПД автомобиля из предложенных выше параметров влияние оказывает: максимальная частота двигателя, высота профиля шины, передаточное отношение главной передачи. Затем был проведен аналогичный эксперимент с изложенными выше факторами. После проведения полнофакторного эксперимента вида 2^3 было выявлено, что наибольшее влияние на КПД АТС из рассмотренных конструктивных параметров оказывает n_{\max} (об/мин).

Рисунок 4. Диаграмма Парето для плана эксперимента 2^3

В ходе расчётных и экспериментальных исследований был сделан вывод о влиянии на топливную экономичность и скоростные свойства такого конструктивного параметра, как максимальная частота вращения коленчатого вала. В результате модельного эксперимента было выявлено понижение n_{\max} при увеличении КПД автомобиля, что дает основание рассматривать этот фактор при дальнейших исследованиях наряду с другими, широко извест-

ными, способами снижения расхода топлива, а также изучать его влияние на изменение динамических характеристик автомобиля.

Функциональное моделирование может заменить значительную часть натурных испытаний. При этом заключение об адекватности математической модели делается с использованием статистического анализа. В целом, комплексное применение методов и средств моделирования сокращает этап проектирования.

Литература

1. Зенютч Е.А. Развитие энергоэффективности России.// Энергоэффективность: Постановка программы. Региональные программы. – М.:Институт устойчивого развития, 2010. С.5-7.
2. Черчмен У., Акофф Р., Арноф Л. Введение в исследование операций.–М., 1977.–488 с.
3. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. – Мн.:Выш.шк., 1986.–208 с.
4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента. – М.:Наука,1976.–277 с.
5. Карабцев В.С. Улучшение топливной экономичности и тягово-скоростных свойств магистрального автопоезда совершенствованием методов и комплексного критерия оценки эксплуатационной эффективности на стадии проектирования и доводки: дис.... канд. тех. наук: 05.05.03–Наб.Челны., 2009 — 173с.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И ТОЧНОСТИ ДЕТАЛИ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Фецак Сергей Игоревич,

кандидат техн. наук, доцент, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Идрисова Юлия Валерьевна

кандидат техн. наук, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

ASSESSMENT OF PARAMETERS OF QUALITY AND ACCURACY OF THE DETAIL ON DYNAMIC PROPERTIES OF THE METALWORKING EQUIPMENT

Fetsak Sergey, Candidate of Science, assistant professor Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Idrisova Yuliya, Candidate of Science, assistant professor, Ufa State Aviation Technical University, Ufa

АННОТАЦИЯ

В статье приведены расчётно-экспериментальный метод определения траектории фиксированной точки шпинделя на высоких частотах вращения, позволяющий обеспечить требуемую точность обработки с максимальной производительностью и метод оценки влияния динамических процессов, протекающих в упругой системе станка, на волнистость и шероховатость поверхности детали.

ABSTRACT

The article provides a calculation-experimental method of determining the trajectory of a fixed point of the spindle at high speeds, allowing to provide the desired precision machining with maximum performance and method of assessing the impact of dynamic processes occurring in the elastic system of the machine, waviness and roughness of the workpiece surface.

Постепенное распространение технологии высокоскоростной механической обработки (HSM – high speed machining) предъявляет новые требования не только к инструментальным материалам, но и к используемому оборудованию. Высокоскоростная обработка деталей сложного профиля сопровождается постоянным изменением скорости электродвигателей приводных узлов и их частыми реверсами, что приводит к фактическому увеличению машинного времени. При обработке деталей возможно совпадение собственных частот станочной системы с частотами вращения применяемых приводов. Данное явление (резонанс) индивидуально для каждой единицы оборудования и режимов работы.

При работе на высоких частотах вращения встает вопрос определения и учета частот резонанса. Практика показала, что на критических частотах валы теряют устойчивость, растут их прогибы и резко увеличиваются вибрации корпусов. Работа станка на критических частотах приводит к многочисленным вибрационным поломкам, к заеданию ротора о статор, к выходу из строя подшипников и т.п.

Увеличение частоты вращения при обработке, с целью повышения производительности, приводит к сложным упругим деформациям станочной системы и отражается на размерной точности обработки, качестве поверхности изготавливаемой детали и стойкости режущего инструмента.

Методика расчёта точности обработки при высокоскоростном фрезеровании. Известно, что основным выходным показателем качества станка является точность обработки. Для оценки данного показателя, как при экспериментальных, так и при теоретических исследованиях, рассматривается точность траектории движения исполнительных органов станка, как отдельно, так и в совокупности (при сложно-профильной обработке). Точность станка можно оценить путем исследования траектории опорной точки либо оси шпинделя. Пространственные траектории опорных точек, регистрируемые во времени, являются интегральным показателем качества и работоспособности узла [1, стр. 26]. Траектория вращения шпинделя может иметь сложную форму с периодическими и аperiodическими колебаниями, которые зависят от большого количества факторов, таких как, жесткость деталей шпиндельного узла, демпфирующие свойства элементов (рассеяние энергии), масса и дисбаланс вращающихся элементов, геометрическая точность опор, скорость вращения, тепловые деформации.

В силу замкнутости динамической системы станка [1, стр. 27] при воздействии упругой системы оборудования на рабочие процессы происходит сложный колебательный процесс инструмента и обрабатываемой детали, в результате которого образуются погрешности обработки.

Необходимо, так же учитывать обратное воздействие на упругую систему станка (УС). Основными источниками возмущающих воздействий, влияющими на динамическую систему станка, при обработке являются центробежные силы, силы резания и их взаимодействие.

Центробежные силы приводят к деформации упругой системы шпиндельного узла. Измененные параметры УС в свою очередь влияют на величины центробежных сил, в результате чего в системе происходит сложный колебательный процесс силовых воздействий и смещений оси.

При рассмотрении влияния центробежной силы на траекторию движения инструмента в процессе резания, необходимо учесть то, что в зависимости от углового положения фрезы силы резания будут либо складываться с центробежной силой, либо вычитаться, изменяя глубину резания и приводя к размерной неточности и волнистости обработанной поверхности. При вращении шпинделя на холостом ходу величины упругих сил и центробежной силы уравниваются. После воздействия силы резания происходит смещение упругой системы, которое ведёт к изменению силы резания и центробежной силы.

Математическое описание траектории движения инструмента при фрезеровании предполагает учёт взаимного влияния рабочих процессов и параметров системы. Для решения данной задачи следует математически описать основные силовые воздействия и элементы упругой системы, определяющие точность расположения инструмента при обработке [1, стр. 28]. К элементам упругой системы относятся: передние и задние опоры, центр массы шпинделя и его консольная часть.

Сумма остаточного дисбаланса e_{per} и смещения положения центра масс y_{C1} , y_{C2} , в процессе обработки определяет центробежную силу инерции по формуле $F_{ц} = m\omega^2(e_{per} + y_{C1} + y_{C2})$. Сумма смещений передней опоры и консольной части определяет смещение инструмента в процессе обработки, которое влияет на величину силы резания.

На рис. 1 представлена траектории оси инструмента при фрезеровании концевой фрезой на многоцелевом станке модели 500V/5 с мотор-шпинделем мод. LC100.

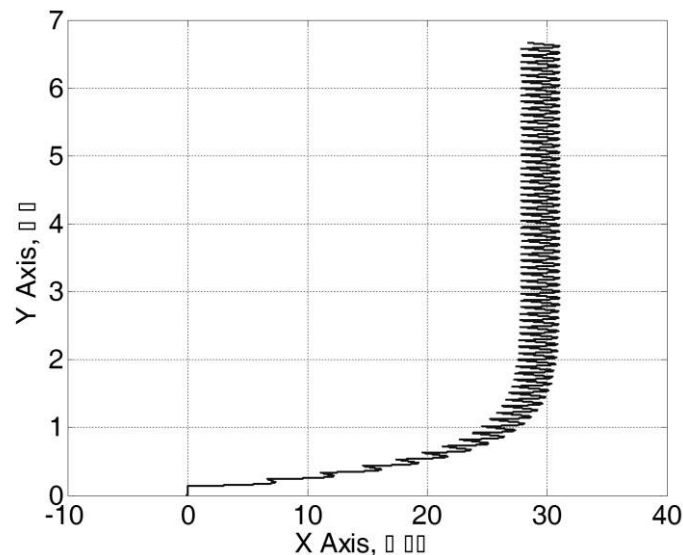


Рис. 1. Траектория движения оси инструмента: $n = 10000 \text{ мин}^{-1}$, $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$, $t = 3 \text{ мм}$, $z = 4$

Из приведённого графика следует, что после начала фрезерования происходит упругое отжатие инструмента от детали. При этом видны отдельные колебания, которые обусловлены врезанием зубьев фрезы. Восстановление инструмента во время фрезерования не происходит. Это объясняется скоростным режимом обработки, поэтому инструмент не успевает восстановиться из-за инерционных и жёсткостных характеристик упругой системы.

Исследование влияния динамической системы станка на погрешность формы и шероховатость обрабатываемой поверхности детали. Наличие дефектов изготовления и эксплуатации оборудования приводит к ухудшению таких показателей качества обработки, как волнистость и шероховатость обработанной поверхности детали. В основу проводимого исследования положена гипотеза, что возмущения, действующие в процессе работы станка, приводят к колебаниям и смещениям инструмента и заготовки, которые отражаются на качестве поверхности изготавливаемой детали.

Модель формирования волнистости и шероховатости поверхности детали имеет модульную структуру. Каждый модуль предназначен для решения отдельных задач, к которым относятся: формирование спектра внешних возмущений, моделирование динамических характеристик упругой системы металлообрабатывающего станка, определение динамических характеристик процесса резания, формирование спектра вынужденных относительных колебаний рабочих органов станка (на холостом ходу и с учетом динамической характеристики процесса резания). Исходными данными являются: конструктивные параметры металлообрабатывающего станка; технологические параметры обработки детали; параметры работоспособности станка.

Динамическая система станка рассматривается в виде динамической линейной конечно-элементной модели, состоящей из изгибно-крутильных упругих стержневых элементов, сосредоточенных упругих и демпфирующих элементов, твердых тел и сосредоточенных масс, связанных между собой упруго-диссипативными связями.

При составлении математической модели используем принцип Даламбера.

Система дифференциальных уравнений, описывающая относительные колебания инструмента и заготовки для приводов станка, состоит из n уравнений, число которых равно n – количеству массивов; для i -го массива уравнение баланса действующих сил имеет вид

$$m_i \ddot{l}_i + h_i \dot{l}_i + c_i l_i = \sum_i^n \bar{F}_{vi},$$

где l_i – перемещение данного узла в направлении одной из осей X , Y или Z ; m_i – масса узла, h_i – коэффициент демпфирования диссипативных соединений; c_i жесткость упругих соединений узла. Левая часть каждого уравнения отражает действие внутренних сил и силы инерции в i -ом узле станка, а правая часть – действие активных внешних сил F_v в i -ом узле.

Процесс резания представляет собой элемент динамической системы станка, входным параметром которого является относительные колебания рабочих органов станка, выходным – сила резания, действующая на упругую систему станка. Колебания рабочих органов станка вызывают изменение силы резания, что приводит к снижению точности обработки. Обработка металла многолезвийным инструментом предполагает участие в обработке нескольких лезвий, при этом каждое последующее лезвие отстает от предыдущего на некоторое время. Передаточную функцию силы резания можно представить в следующем виде

$$W_p = \frac{P(p)}{a(p)} = \frac{k(1 - e^{-\tau p})}{T_p p + 1},$$

где τ – величина запаздывания, зависящая от числа Z лезвий инструмента, $\tau = h/Z$, где h – глубина резания.

В зависимости от вида обработки используются различные исполнительные движения рабочих органов станка. Это приводит к тому, что нормаль к поверхности обрабатываемой детали изменяет свое направление в системе координат станка.

Колебания, возникающие в плоскости параллельной к обрабатываемой поверхности, вызывают изменения заданной подачи S на величину dS , при этом фактическая подача соответствует $S_\phi = S \pm dS$. Под влиянием колебаний в нормальном направлении к обрабатываемой поверхности происходит изменение глубины резания t на величину амплитуды колебаний [2, р. 20].

Для определения абсолютных амплитуд колебаний n -го узла расчетной схемы станка необходимо разбить весь диапазон исследуемых частот на полосы шириной Δf . Среднеквадратичная амплитуда виброперемещения по j -ой координате вектора перемещения \bar{N} в указанной полосе частот будет равна

$$A_j(\Delta f) = \sqrt{\sum_s \sum_{\Delta f} H_{kj}^2}.$$

Зная величину амплитуд k -ой гармоники j -ой координаты в полосе частот Δf вектора виброперемещения рабочих органов станка можно найти значение амплитуды их относительных колебаний в этом же частотном диапазоне. Относительные смещения рабочих органов станка рассматриваются только в плоскости, расположенной по нормали к поверхности обрабатываемой детали. Амплитуду колебаний можно представить как среднеквадратичную сумму амплитуд k -ой гармоники j -ой координаты векторов виброперемещений рабочих органов станка

$$A_{k\text{отн}}(\Delta f) = \sqrt{\sum_s \sum_{\Delta f} (H_{k\text{инстр.}}^2 + H_{k\text{загот.}}^2)},$$

где $H_{k\text{инстр.}}^2$ и $H_{k\text{загот.}}^2$ – величины, характеризующие амплитуды k -ой гармоники j -ой координаты векторов виброперемещений инструмента и заготовки соответственно.

Параметры неровностей определялись с использованием линейных моделей точности станка и вариации функции формообразования [2, р. 21]. Функция формообразования является аналитической зависимостью, связывающей перемещение звеньев формообразующих движений станка с траекторией движения точек инструмента относительно обрабатываемой детали в системе координат детали. В состав формообразующей системы станка входят несущая система и приводные элементы. Конечные элементы формообразующей системы – обрабатываемая деталь и режущий инструмент.

При определении параметров неровностей обработанной поверхности учитывались следующие допущения: рассматривались неровности только в поперечном сечении детали; рассматривались только те частотные диапазоны, в которых образуются погрешности формы и волнистость; влияние перерезания волн на силу резания не учитывалось.

Параметры волнистости и шероховатости определяются с использованием линейных моделей точности станка и вариации функции формообразования [3, стр. 103]. Функция формообразования является аналитической зависимостью, связывающей перемещение звеньев формообразующих движений станка с траекторией движения точек инструмента относительно обрабатываемой детали в системе координат детали. В состав формообразующей системы станка входят несущая система и приводные элементы.

Для получения оценок волнистости и шероховатости обработанной поверхности необходимо построить номинальную и базовую поверхность. Номинальная поверхность задается уравнением обрабатываемой поверхности. Базовая поверхность имеет ту же форму, что и номинальная, и определяется по точкам реальной поверхности таким образом, что средний квадрат расстояния между точками базовой и реальной поверхности минимален [3, с. 104]. Расчет параметров волнистости и шероховатости обработанной поверхности производится в последовательности, изображенной на рис. 2.

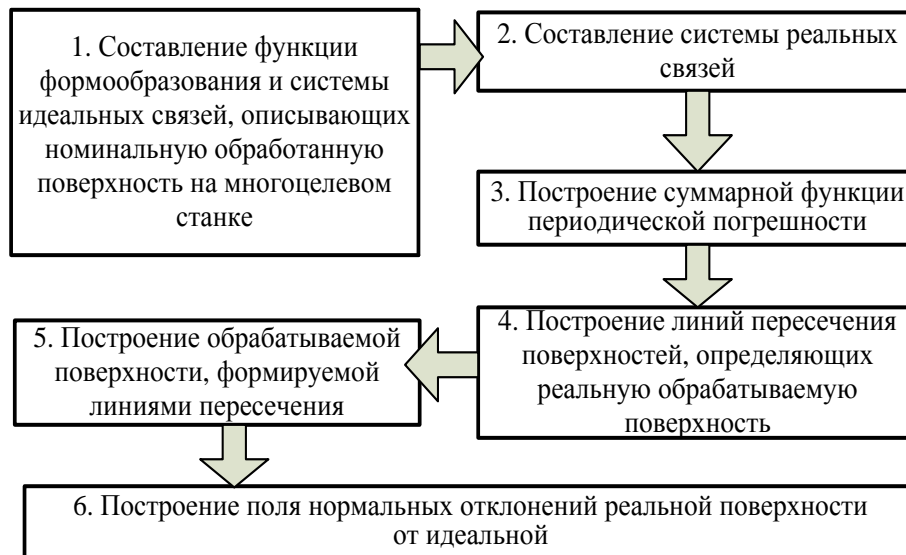


Рис. 2. Последовательность расчета параметров волнистости и шероховатости обработанной поверхности детали

Для определения параметров волнистости и шероховатости необходимо определить высоту гребня и глубину впадины волны в j -ом сечении детали с использованием выражений

$$\Delta y_{ij}^{bn} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n \frac{4A_{y_i} R}{S_z^2} \sin(k_j^{p_{mj}} \varphi_i + \alpha_i),$$

$$\Delta y_{ij}^r = \Delta y_{ij}^{bn} + \frac{1}{2} (\tilde{Q}_{1,2}^j)^2,$$

где $k_j^{p_{mj}} = (P_{mj} - 1) + \frac{j-1}{N}$, n – число сечений поверхности; A_y – амплитуда относительных колебаний рабочих органов станка; $\tilde{Q}_{1,2}^j$ – угол между двумя соседними следами в искомой точке пересечения; φ_i – угол, определяющий положение лезвия на поверхности и равный полярному углу точки i -го лезвия.

Предложенный метод расчета был подтвержден результатами экспериментальных исследований. [2, р. 23]

Выводы

1. Разработан расчётно-экспериментальный метод определения траектории фиксированной точки шпинделя на высоких частотах вращения, позволяющий с учетом выявленных упругих деформаций шпиндельного узла обеспечить требуемую точность обработки с максимальной производительностью.

2. Разработан метод оценки влияния динамических процессов, протекающих в упругой системе станка, на волнистость и шероховатость поверхности детали, который учитывает принципы ее формообразования при фактическом техническом состоянии оборудования и особенности обработки на высоких частотах (скоростях) вращения шпинделя. Реализация метода предполагает моделирование относительных колебаний инструмента и обрабатываемой детали и расчет теоретических значений неровности поверхности детали.

Литература

1. Кудояров, Р. Г. Башаров Р. Р. Расчетный метод определения траектории движения оси шпинделя станка при высокоскоростной обработке // Технология машиностроения. 2011. № 4. С. 26 – 29.
2. Kudoyarov, R. G., Fetsak. S. I., Idrisova Yu. V., Modeling Surface Characteristics of Finished Parts // Journal of Engineering Science and Technology Review – v.5, №7 – 2014. – р. 20 – 23.
3. Идрисова, Ю. В., Кудояров Р. Г., Фецак С. И. Диагностика приводов металлообрабатывающих станков с автоматическим управлением: Учебное пособие - Уфа: УГАТУ – 2013. – 152 с.

ВЛИЯНИЕ ЦЕМЕНТА НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АВТОКЛАВНЫХ ГАЗОСИЛИКАТОВ

Кафтаева Маргарита Владиславна

кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Рахимбаев Шарк Матрасулович

доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Алекенова Раушан Алекеновна

Инженер-технолог ТОО «Базальт-А» Кандыагачский промышленный узел, г. Кандыагач, Республика Казахстан

THE EFFECT OF CEMENT ON THE BASIC PROPERTIES OF AUTOCLAVE GAS-SILICATE

Kaftaeva Margarita Vladislavna, Ph.D., Associate Professor of Belgorod State Technological University named by VG Shukhov
Rakhimbaev Shark Matrasulovich, doctor of technical sciences, professor Belgorod State Technological University named after VG Shukhov

Alekenova Raushan Adikovna, process -engineer LLP "Basalt-A" of Kandyagach industrial hub, c.Kandyagach, The Republic of Kazakhstan

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты многолетних исследований авторов по влиянию портландцемента различного состава на свойства газосиликатов. Показано, что добавление портландцемента в состав газосиликатной смеси положительно влияет на прочностные свойства изделий. Установлено, что при использовании портландцемента с минеральными добавками (шлака) ПЦ 42,5–Д20 или ЦЕМ II/A-Ш можно получать бетоны высокого класса по прочности при сжатии.

ABSTRACT

This article shows the results of many years of research on the influence of the authors of Portland cement of various composition on the properties of the gas-silicates. It is shown that the addition of Portland cement-silica composition gas mixture has a positive effect on the strength properties of the products.

It was found that when using Portland cement with slag (CEM II/A-SH) mineral supplements can be prepared by high-grade concrete compressive strength.

It was formulated regulations to Portland which are used for manufacturing gas-silicates.

Ключевые слова: газосиликат, портландцемент с добавками шлака, минералогический состав, активность цемента по СаО.

Keywords: gas-silicate, slag Portland cement with additives, mineralogical composition, the activity of CaO cement

До относительно недавнего времени газосиликатные изделия получали, используя в качестве вяжущего только известь. Такие материалы имели повышенные плотности 800 – 1200 кг/м³ и низкие прочностные показатели, соответствующие классам по прочности В 1,5 – В 2,5. Однако, известно, что при добавлении в состав газосиликата цемента можно значительно улучшить эксплуатационные характеристики материала и получить более высокие прочности

Первые и, пожалуй, наиболее полные исследования в области автоклавной технологии и свойств ячеистых бетонов в нашей стране относятся к тридцатым годам прошлого столетия. Большой научный вклад в вопрос о роли цемента в пено- и газосиликатных бетонах внесли М.Н. Гензлер, М.И. Иванов, Н.Н. Лессинг [1, 2]. В результате проведенных ими работ был получен автоклавный пенобетон на портландцементе и молотом песке.

И.Т. Кудряшов [3 – 5] и др. в середине 30-х годов установили, что по сравнению с неавтоклавным пенобетоном, автоклавный имеет ряд преимуществ: сокращение расхода цемента, снижение усадочных деформаций, повышение прочности бетона и сокращение времени его твердения.

Позже Г.Ф. Суворова [6] установила, что для каждого минералогического состава цемента существует оптимальное значение давления автоклавирования, при котором получают наилучшие физико-механические показатели. Результаты испытаний, выполненных швейцарскими учеными, подтвердили результаты исследований Г.Ф. Суворовой. Было установлено, что прочность автоклавного камня зависит не от марки цемента по прочности при сжатии, а от его минералогического состава, тонкости помола, состава сырьевой смеси и режима автоклавной обработки. До настоящего времени ни одно из этих требований к цементам для производства газосиликатов не предъявляется.

В настоящее время исследований по влиянию цемента на свойства ячеистых автоклавных бетонов проводится мало, так как существует мнение о том, что оно не существенно [6, 7]. По этому поводу в научных журналах публикации появляются очень редко [7]. Наиболее полная информация о влиянии цемента на свойства газобетона

приведена в книгах Сажнева Н.П. [8] и в работах авторов [9, 10].

Портландцемент, используемый для производства газобетонных изделий, должен соответствовать требованиям ГОСТ10178 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические требования» и ГОСТ 31108 «Цементы общестроительные. Технические условия».

Нами проведен анализ результатов большого количества производственных испытаний, который показал, что в зависимости от вида и качества, а также соотношения извести и цемента могут в корне изменяться все главные физико-механические показатели газосиликатов.

Было проведено две серии экспериментов. Первая серия для определения влияния количества цемента, вторая – вида цемента на прочность газосиликатов после их автоклавной обработки.

Лабораторные и производственные эксперименты в рамках первой работы проводились на базе предприятия Республики Казахстан ТОО «Базальт-А» г. Кандыгаш Актюбинской обл., вторая серия исследований осуществлялась в основном на двухроссийских предприятиях по выпуску газосиликатных изделий ООО «Егорьевский завод строительных материалов» г. Егорьевск, Московской обл. и заводе стеновых материалов «Поревит» г. Ялуторовск Тюменской обл., при этом были использованы портландцементы следующих российских производителей цемента: для первой серии экспериментов ОАО «Новотроицкий цементный завод», для второй – ООО «Топкинский цемент», ОАО «Холсим (Рус) СМ» (Щуровский цемент) и ООО «Себряковский цементный завод».

Химический и минералогический составы клинкеров приведены в таблицах 1 и 2.

Исследования зависимости прочности при сжатии газобетона от содержания в составе заливочной смеси цемента были выполнены в производственных условиях. При этом, путем обработки большого количества экспериментов получена показанная на рисунке 1 зависимость. Все составы имели одну и ту же активность по СаО. Она полностью подтверждает зависимости, ранее полученные и показанные в книге Н.П. Сажнева [8] с поправкой на среднюю плотность газобетона.

Таблица 1

Средний химический состав портландцементов, применяемых в исследованиях, масс. %

Наименование цемента	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	CaO _{св}	Cl ⁻	ппп
Новотроицкий	20,50	5,3	4,95	64,13	2,40	2,90	0,60	0,20	0,09	1,70
Топкинский	20,39	5,10	4,23	62,70	1,80	2,95	0,88	0,33	0,01	1,88
Холсим (Рус) СМ	22,00	5,00	3,50	61,00	2,50	2,20	0,50	–	0,01	1,00
Себряковский	22,00	6,00	4,50	64,50	1,60	2,50	0,65	–	0,02	1,00

Таблица 2

Расчетный минералогический состав цементного клинкера

Наименование цемента	Содержание минералов, %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Новотроицкий	65,00	15,00	7,00	15,00
Топкинский	62,9	13,86	7,07	13,16
Холсим (Рус) СМ	61,0	12,00	7,50	11,50
Себряковский	60,8	14,40	8,20	13,60

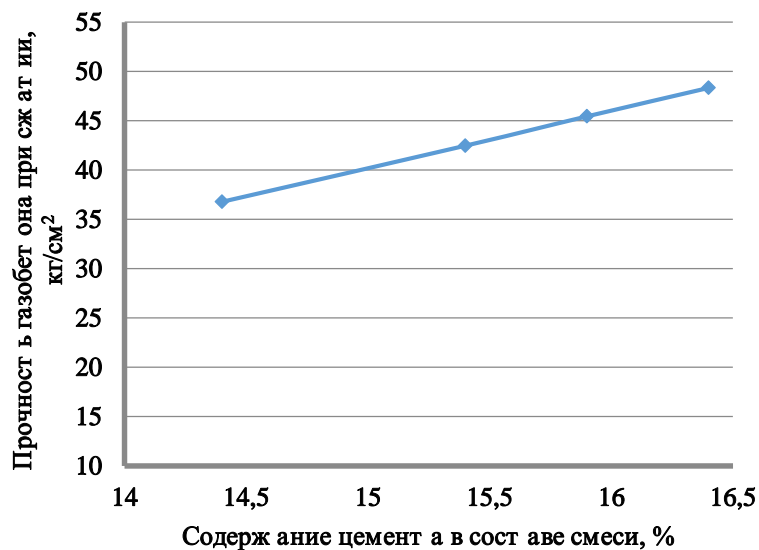


Рисунок 1 Зависимость прочности при сжатии ячеистого бетона D 600 от содержания цемента

Во второй серии экспериментов сроки исследования были значительно длиннее. Обработаны данные двух лет производства газобетонных блоков 2012 – 2013 г. на двух вышеуказанных предприятиях.

Нами установлено, что бетон, полученный на основе чистоклинкерного портландцемента, имеет более

низкие основные физико-механические характеристики, чем на цементе с добавкой шлаков (рисунок 2). Установлено так же, что повышению прочностных параметров газосиликатных бетонов, изготовленных с добавлением портландцемента ЦЕМ I, способствует увеличение продолжительности автоклавной обработки.

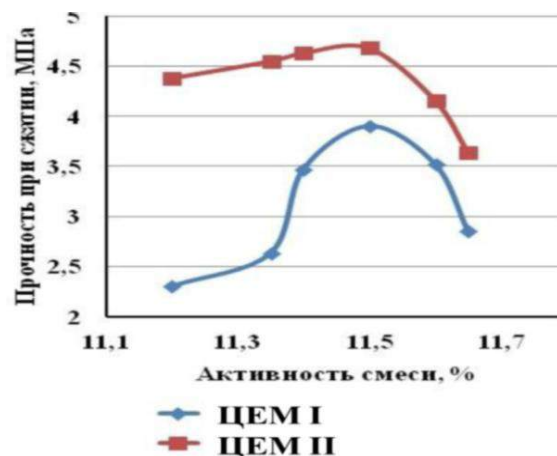


Рисунок 2. Зависимость прочности газобетонов от активности заливочной смеси на различных цементах

Приведенные на рисунке 2 экспериментальные данные показывают, что при добавлении к сырьевой смеси чистоклинкерных портландцементов наблюдается ярко выраженный максимум прочности при активности смеси 11,5 %, тогда как использование портландцемента с минеральной добавкой (шлака) наблюдается пологая зависимость между указанными показателями, при этом в интервале активностей 11,1 – 11,5 % механическая прочность изделий находится практически на одном и том же уровне. Из этих данных следует практический вывод, что при использовании в составе заливочных смесей ЦЕМ II/A-Ш механические свойства материала в меньшей сте-

пени зависят от активности сырьевой смеси. Рекомендовано при использовании в качестве цементной составляющей ЦЕМ II/A-Ш уменьшать основность смеси на 0,5 %.

Для обеспечения стабильности качества выпускаемых изделий на предприятиях авторами рекомендовано нормировать минералогический состав клинкера используемого портландцемента. Это позволит избежать нештатных ситуаций при применении портландцементов различных поставщиков, особенно зарубежных, что в последнее время практикуется все шире.

Перечень основных требований к портландцементам, предлагаемых автором, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Предложения по требованиям к портландцементу как к компоненту газосиликата

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм	Норматив	
			минимум	максимум
1	Тип цемента		ЦЕМ I, ЦЕМ II	
2	Класс по прочности		Не ниже 42,5	
3	Удельная поверхность по Блейну	м ² /кг	330	395
4	Нормальная густота цементного теста	%	25	28
5	Конец схватывания	мин	140	180
6	Начало схватывания	мин	80	120
7	Активность по СаО (содержание СаО)	%	58	68
8	СаО _{своб}	%		Не более 2
9	Содержание MgO	%		Не более 5
10	SO ₃	%		Не более 3,5
11	Na ₂ O + K ₂ O	%		Не более 1
12	Клинкерные минералы			
12.1	C ₃ S	%	Не менее 50	
12.2	C ₂ S	%		Не более 25
12.3	C ₃ A	%	7	10
12.4	C ₄ AF	%	10	15

Результаты приведенных исследований, а также практика производства ячеистых бетонов автоклавного твердения показывают:

- применение цемента в составе газобетонов положительно влияет на основные физико-механические и эксплуатационные характеристики газобетона;
- при использовании портландцемента с минеральными добавками (шлака) ПЦ 42,5–Д20 или ЦЕМ II/A-Ш можно получать бетоны высокого класса по прочности при сжатии. В связи с этим, предлагается расширить номенклатуру применяемых в производстве газобетонов портландцементов, разрешив применение цементов с добавлением шлака. Это позволяет повысить основные физико-механические показатели и значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Литература

1. Гензлер М.Н. Пенобетонщик / М.Н. Гензлер, С.А. Линдеберг // Москва, 1936. – 157с.
2. Иванов И.А. Производство и применение газозолотонбетонных панелей из шлакопортландцемента и зол электростанций Кузбасса. Материалы 2-й научно-технической конф. по вопросам химии и технологии ячеистых бетонов / И.А. Иванов, Н.И. Федьнин // Саратов, 1965. – С.136 – 149.
3. Кудряшев И.Т. Автоклавные ячеистые бетоны и их применение в строительстве / И.Т. Кудряшев // М.: Госстройиздат. – 1940. – 63 с.

4. Кудряшев И.Т. Заводы по производству изделий из ячеистого бетона / И.Т. Кудряшев, Б.Н. Кауфман, М.Я. Кривицкий, Л.М. Розенфельд // М.: Госстройиздат, 1951. – 29 с.
5. Кудряшев И.Т. Ячеистые бетоны / И.Т. Кудряшев, В.П. Куприянов // Госстройиздат, 1959. – 181 с.
6. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов // Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1978. – 368 с.
7. Пинскер В.А. Пути экономии цемента при производстве ячеистых бетонов / В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин // Строительные материалы, 2008. – №1. – С. 43.
8. Сажнев Н.П. Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика / Н.П. Сажнев [и др.]. – 3-е изд., доп. и перераб. // Минск: Стринко, 2010. – 464 с.
9. Кафтаева М.В. Теоретическое обоснование совершенствования автоклавной технологии производства энергоэффективных газосиликатов автореф. дисс. д-ра. техн. наук: 05.17.11. – Белгород, 2014. – 38 с.
10. Кафтаева М.В. Обоснование требований к сырьевым материалам для автоклавного производства газосиликатных бетонов / М.В. Кафтаева, Ш.М. Рахимбаев, Д.А. Жуков, М.А. Шугаева, К.Ю. Ковалевская // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. [Электронный журнал] URL: <http://www.science-education.ru/115-11233>

ВЫПУСК ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ - ОРИЕНТИР СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Карпова Юлия Николаевна

соискатель ученой степени кандидата наук, Московский институт тонкой химической технологии, имени М.В. Ломоносова, г. Москва

Хомутова Елена Григорьевна

кандидат химических наук, доцент, Московский институт тонкой химической технологии, имени М.В. Ломоносова, г. Москва

RELEASE OF ACTIVE PHARMACEUTICAL INGREDIENTS IS THE LEAD DIRECTION OF MODERN MANUFACTURE

Karpova Yulia, External PhD student, Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow
Khomutova Elena, Candidate of Science, assistant professor, Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены аргументы по необходимости организации производства высокотехнологичных инновационных фармацевтических субстанций в соответствии с требованиями надлежащей производственной практики на территории России. Российские производители обладают достаточным потенциалом и возможностью для реализации выпуска фармацевтических субстанций. Выпуск субстанций позволит увеличить номенклатурный ряд стратегически важных препаратов, доступных населению, снизить зависимость от импортного сырья и укрепить свои позиции на мировом фармацевтическом рынке.

ABSTRACT

In this article consider and adduce arguments concerned with release of high technology innovation active pharmaceutical ingredients in accordance with the Guide to GMP in Russia. Real opportunities for Russian manufacturers are provided in the article. Release of active pharmaceutical ingredients lets Russian manufacturers gear up production of strategic medicine for citizens, reduce dependence on imported raw materials and to strengthen its position in the global pharmaceutical market.

Ключевые слова: фармацевтическая субстанция; ФС; производство; правила надлежащей производственной практики.

Keywords: active pharmaceutical ingredients; API; manufacture; guideline to GMP.

В настоящее время одной из приоритетной задач для фармацевтического отрасли является производство фармацевтических субстанций (ФС) в соответствии и правилами надлежащей производственной практики (GMP – Good Manufacturing Practice). Главной причиной ограниченного номенклатурного ряда ФС является высокая себестоимость; дополнительно принимая во внимание тот факт, что национальный выпуск ФС неуклонно сокращается, организация выпуска ФС в соответствии с международными общепризнанными требованиями представляется очень масштабной и трудновыполнимой задачей. Поэтому в настоящее время российским производителям приходится конкурировать с производствами, локализованными в Индии и Китае [9]. Качество импортируемой субстанции достаточно трудно оценить, поскольку в анализе отсутствует прямая оценка производственной площадки. И если учесть тот факт, что не все зарубежные производства соответствуют стандартам GMP, то возникает риск выпуска некачественной готовой продукции. Российский фарм-рынок должен стремиться увеличивать долю собственной продукции, но не стоит стремиться полностью исключить присутствие импортированных ФС. Российским фарм-производителям стоит обратить внимание на организацию производства высокотехнологичных ФС, выступающие сырьевой базой при производстве стратегически важных препаратов. Локализацию производства инновационных ФС целесообразно отлаживать в рамках одного предприятия или одной страны, дабы не попадать в зависимость от других стран [8]. Задача по увеличению доли как ФС так готовых лекарственных средств, произве-

денных на территории РФ достижима при наличии поддержки со стороны государства как финансовой, так и за счет совершенствования нормативной базы, разработки стимулирующих программ для производителей [10].

До настоящего времени необходимость внедрения и постановку производства в соответствии с требованиями международных стандартов GMP не вызывает сомнений и объясняется это двумя основными положениями – развитие экспортного потенциала наряду с импортозамещением, защитой интересов отечественных потребителей [7]. Основопологающей идеей является организация производства таким образом, чтобы результат на выходе (ФС или лекарственное средство) полностью отвечал высоким требованиям качества и безопасности, заложенными в нормативной документации, чтобы в максимальной степени снизить риск для конечного потребителя, связанный с ошибками и отклонениями в процессе производства, способными негативно повлиять на качество готовых препаратов. В случаях допущенных ошибок соблюдение правил призвано содействовать их выявлению и устранению на возможно более ранних стадиях. Ответственность за выполнение этих требований несут руководители предприятий и все работники предприятия-производителя, а также поставщики и дистрибьютеры. [1 с.1, 6 с.4]. Стабильный выпуск продукта с регламентируемыми характеристиками возможен только при фиксированных нормах. Правила GMP выступают в качестве руководства для достижения максимального результата в ходе получения высококачественных продуктов с гарантированными ха-

рактическими, удовлетворяющими требованиям нормативных документов и обеспечивающих потребителей безопасной и эффективной продукцией.

Задача по разработке нормативных документов была поставлена более 20 лет назад. Первым документом в череде документов, выступающих в роле адаптированного эквивалента правил GMP с учетом национальных особенностей стал Руководящий документ РД 64-125-91 «Правила организации производства и контроля качества лекарственных средств (GMP)» [5]. Таким образом, уже в 90-е годы прошлого века в СССР возникло четкое понимание, необходимости перехода на новые стандарты работы при производстве. Вступление в силу в 1998 Постановления правительства РФ от 24.06.98 №650 [3] и ввод в действие ОСТ 42-510-98 «Правила организации производства и контроля качества лекарственных средств (GMP)» [2] ознаменовали второй этап введения правил GMP. До появления этих правил основной упор в производстве делался на контроль качества лекарственного средства. Считалось, что чем более жесткий контроль, тем выше гарантии выпуска качественной продукции. С их появлением приоритетным направлением наряду с контролем качества становится создание системы управления качеством, которая включает в себя обеспечение необходимых условий производства (помещения, персонал, оборудование, валидации методов анализа и др. статьи, которые сейчас являются неотъемлемыми частями нормативных документов) [6, с.5]. Важным этапом в процессе становления современных правил GMP является выход ГОСТа Р 52249-2004 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» (далее ГОСТ Р). Через пять лет вышла следующая редакция ГОСТ Р 52249-2009. На настоящее время наиболее объективным и скомпенсированным документом выступает Приказ от 14.06.2013г. №916 «Об утверждении правил организации производства и контроля качества лекарственных средств» [4].

Разработка и внедрение нормативных документов, нацеленных на получение высококачественных продуктов, позволяет найти общий язык в диалоге с зарубежными фарм-производителями, аудиторами, проектировщиками, всеми заинтересованными лицами. Россия, в лице фарм-компаний, становится более понятна мировому фармацевтическому сообществу.

Период введения в производственную практику правил GMP оказался трудным и длительным. До настоящего времени некоторые Фарм-производители выражают свое недоверие и незаинтересованность, которая объясняется потенциальными трудностями по организации производства в соответствии с правилами GMP, глобальным финансированием и возможной не окупаемостью ФС с одной стороны, в то время как с другой стороны современные компании, ориентированные на вхождение в мировое фармацевтическое сообщество, осознают всю необходимость модернизации производства в соответствии с мировыми требованиями. В текущей ситуации российские производители имея в наличии современные технологии и разработки, следуя мировым тенденциям производства, должны занять те ниши на рынке лекарственных препаратов и сопутствующих площадках, которые до настоящего времени остаются свободными. Можно с уверенностью констатировать, что одной из таких приоритетных зон является организация производства фарма-

цевтических субстанций. Несмотря на все опасения, производство фармацевтических субстанций относится к стратегическим задачам с высоким потенциалом окупаемости. Производство субстанций, делая ставку на производство новых высокотехнологичных субстанций для выпуска оригинальных препаратов – очень сложный технологический процесс многоэтапного химического синтеза с использованием разнообразных видов сырья с привлечением больших финансовых вложений. И именно от качества, произведенной субстанции будет зависеть качество готового продукта. Приобретая ФС у внешнего поставщика всегда есть опасения непосредственно связанные с качеством. Как уже оговаривалось ранее, ответственность за эффективность и безопасность полностью возлагается на производителя готового к реализации лекарственного средства, но не производителя ФС. Естественным решением, которое позволит минимизировать риски, связанные приобретением ФС у внешних поставщиков и обеспечить население страны жизненно необходимыми препаратами является налаживание производства внутри страны. В стремлении сократить количество импортных продуктов и увеличить номенклатуру современных инновационных препаратов, доступных для использования, а также что немаловажно, обеспечить рост экономического сектора, российские производители должны использовать возможность своего производственного потенциала.

В заключении ко всему вышесказанному, хочется отметить заинтересованность руководства в реализации фармацевтического потенциала страны, выхода на принципиально новый уровень взаимодействия с иностранными партнерами путем организации собственного производства как инновационной, высокотехнологичной сырьевой базы, так и производства готовых лекарственных средств на базе закупаемого сырья.

Литература

1. ГОСТ Р 52249-2009. Национальный стандарт Российской Федерации правила производства и контроля качества лекарственных средств. Москва, 2009.
2. ОСТ 42-510-98 «Правила организации производства и контроля качества лекарственных средств (GMP)» от 01.07.2000 (в ред. Изменений и дополнений N 1, утв. Минздравом РФ 25.11.2001)
3. Постановления правительства РФ от 24.06.98 №650 «О развитии медицинской промышленности в 1998-2000г.г.»
4. Приказ Минпромторга России от 14.06.2013г. №916 «Об утверждении правил организации производства и контроля качества лекарственных средств»
5. РД 64-125-91 «Правила организации производства и контроля качества лекарственных средств (GMP)». М., Минмедпром СССР, 1991
6. Булатов А.Е. О некоторых проблемах внедрения правил GMP в России // Фармацевтическая промышленность. - 2011. - №3. [Электронный ресурс – Режим доступа. -]URL: http://www.arfp.ru/data/files/magazine/fp2011/3_11.pdf. (дата обращения 25.02.2015).
7. Мешковский А.П. Топников И.В. Некоторые проблемы внедрения правил gmp в россии://Фарма-тека.2000.№4. URL:

- http://www.pharmateca.ru/ru/archive/article/6013.
(Дата обращения 26.02.2015).
8. Новости GMP: [Электронный ресурс] URL: <http://gmpnews.ru/2013/05/80-vsex-lekarstv-proizvodimyx-rossijskimi-predpriyatiyami-sootvetstvuyut-gmp/>. (Дата обращения 25.02.2015).
9. Новости GMP: [Электронный ресурс] URL: <http://gmpnews.ru/2015/02/biokom-vypuskaet-37-preparatov-po-programme-importozamesheniya/>. (Дата обращения 26.02.2015).
10. Новости GMP: [Электронный ресурс] URL: http://gmpnews.ru/2015/02/minpromtorg-predlagaet-chetyre-tipa-lgot-dlya-prompredpriyatij/?utm_medium=email&utm_source=UniSender&utm_campaign=41648506. (Дата обращения 01.03.2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Харионовский Владимир Васильевич

профессор, доктор технических наук, заместитель генерального директора по науке,
ЗАО «Аэрокосмический мониторинг и технологии», г. Москва

RESEARCH OF MAIN GAS PIPELINE STRENGTH CAPACITY IN COMPLICATED NATURAL CONDITIONS

Kharionovsky Vladimir, professor, doctor Technical Sciences, Depute of General Director JSC «Aerospace Monitoring and Technology», Moscow

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование несущей способности магистральных газопроводов в условиях болот, многолетне-мерзлых грунтов, оползней и карста. Сформулированы методы расчетов таких участков на прочность и устойчивость. Показано, что в этих условиях необходимы уточненные исследования напряженно-деформированного состояния газопроводов. Для обеспечения безопасной эксплуатации газопроводов в сложных условиях предложены методы и инженерные мероприятия по повышению их надежности.

ABSTRACT

Research of main gas pipeline strength capacity on marshes, permafrost, landslides, sinkholes are given. There are methods for calculation of gas pipeline section strength and stability. Methods and engineering work on extending reliability of gas pipeline for safety operation are mentioned in this article.

Ключевые слова: магистральный газопровод, болота, мерзлота, оползни, карст, прочность, несущая способность, технические решения.

Keywords: main gas pipeline, strength capacity, marshy, permafrost, landslides, sinkhole, technical solution.

Общие положения

Магистральные газопроводы (МГ) эксплуатируются в различных природно-климатических условиях, в большинстве своем относящихся к сложным по инженерной геологии и климату. Так, около 40 процентов трасс магистральных газопроводов проходят в болотах и мерзлых грунтах Западной Сибири и Крайнего Севера. Кроме того, особого внимания при сооружении и эксплуатации требуют участки газопроводов, проходящие через зоны оползней и карста, как, например, система подводных переходов газопроводов через реку Кама, участки газопроводов Краснодарского края, а также участки газопроводов на Дальнем Востоке в условиях пересечения тектонических разломов [1, 2].

Для обеспечения надежной эксплуатации таких участков газопроводов требуется разработать специальные методы оценки их несущей способности, включающие диагностические обследования, расчеты прочности и устойчивости, и на их основе рекомендации по контролю технического состояния.

При этом целесообразно исследовать задачи в несколько этапов, начиная с вопроса взаимодействия газопровода с окружающими грунтами, что схематически представлено в таблице 1.

В таблице 1 представлен анализ взаимодействия газопроводов с окружающими грунтами, включая обследования, инструментальные работы и аналитические расчеты по оценке работоспособности, на основе которых

формируют восстановительные и ремонтные мероприятия.

На основе проведения контроля технического состояния можно сформировать необходимые этапы выполнения работ и результирующие материалы, что представлено в таблице 2.

Указанные в таблице 2 позиции отражают общий план проведения аналитических и инструментальных работ на участках газопроводов с опасными инженерно-геологическими процессами, и они конкретизируются применительно к отдельным процессам.

Рассмотрим задачи оценки несущей способности для указанных выше участков газопроводов.

Несущая способность газопроводов в условиях болот

Основным фактором, определяющим работоспособность газопроводов в болотах, является всплытие и образование арок, т.е. появление участков в непроектом положении. При этом возникает задача оценки прочности и устойчивости всплывшего участка, по результатам решения которой возможна разработка мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации такого участка. По данной тематике длительное время проводились исследования, включая расчеты и натурные обследования технического состояния всплывших участков [1]. Принципиальная схема оценки несущей способности приведена на рисунке 1.

Таблица 1

Схема контроля технического состояния участков МГ в сложных природных условиях

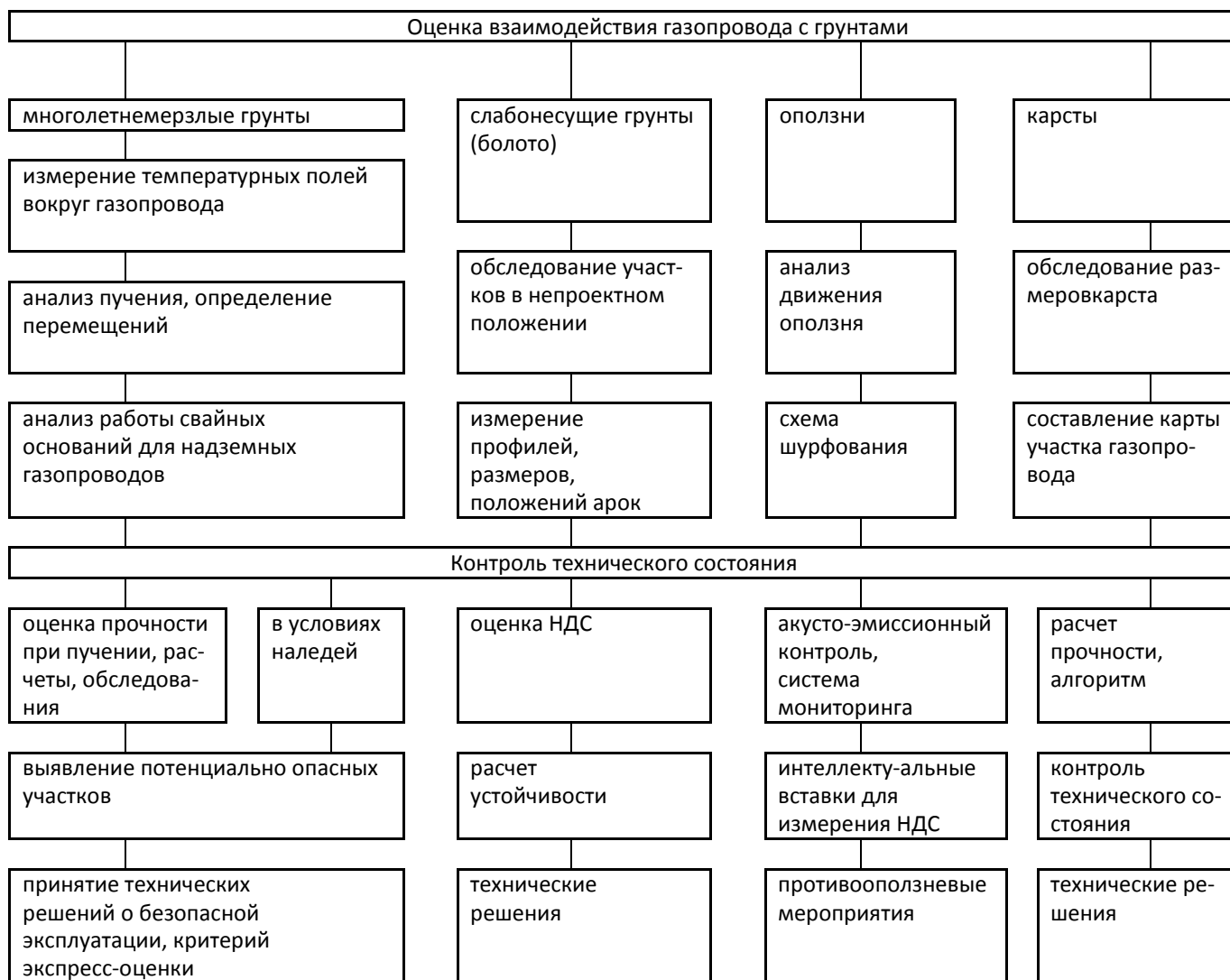


Таблица 2

Наименование этапов работ и результирующие материалы, получаемые в процессе контроля технического состояния потенциально-опасных участков (ПОУ) МГ

Наименование работ	Результирующие материалы
Анализ технической документации (проектной, исполнительной, эксплуатационной), литературных и фондовых материалов, анализ результатов ранее проведенных обследований. Предварительное выделение ПОУ.	Сводка изученных материалов с указанием ПОУ.
Рекогносцировочное обследование трассы газопровода, выявление и локализация дополнительных ПОУ, включая вертолетные и беспилотные обследования и аэрокосмическую съемку.	Перечень ПОУ.
Проведение комплексных обследований МГ на ПОУ, в том числе инструментальные обследования в шурфах, измерения НДС с применением тензометрирования, интеллектуальных вставок и оптоволоконных технологий.	Протоколы определения параметров технического состояния газопровода, пробы грунта, фотографии.
Обработка и анализ результатов проведенных обследований.	Обработанные данные по параметрам технического состояния.
Выполнение расчетов НДС газопровода и оценка его технического состояния.	Результаты расчетов НДС газопровода.
Установление компенсирующих мероприятий, необходимых для дальнейшей безопасной эксплуатации газопроводов.	Рекомендации по компенсирующим мероприятиям на ПОУ.
Подготовка и оформление отчетной документации.	Отчет по результатам работ.

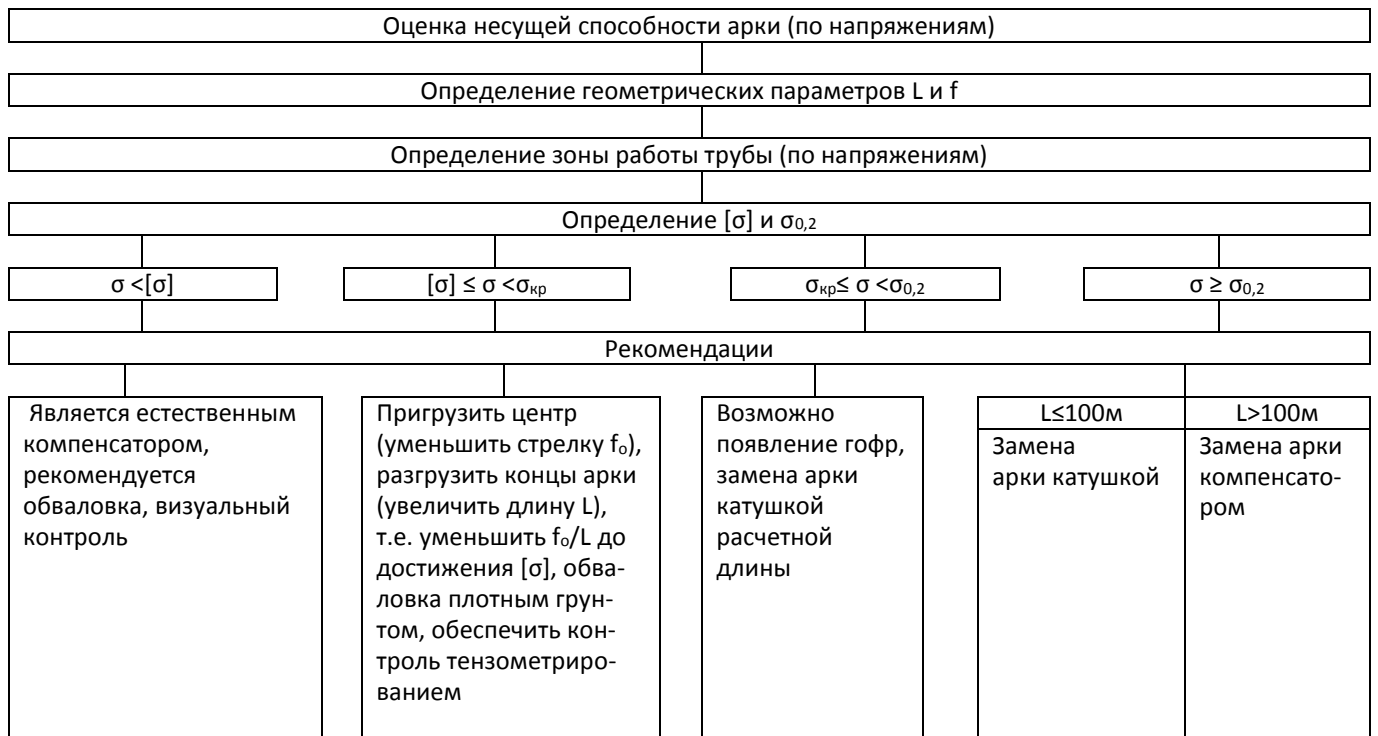


Рисунок 1. Схема оценки прочности и контроля участков с арками

Здесь обозначено: σ – напряжение, МПа в соответствии со СНиП 2.05.06*; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа в соответствии со СНиП 2.05.06*; $\sigma_{кр}$ – критическое напряжение из расчета на устойчивость, МПа в соответствии со СНиП 2.05.06*; $\sigma_{0,2}$ – предел текучести, МПа в соответствии со СНиП 2.05.06*.

Для всплывших участков нужно рассчитать напряженно-деформированное состояние опасного сечения по условиям прочности и устойчивости. При расчете на прочность участок с аркой относят к надземному газопроводу в соответствии со СНиП 2.05.06* [3] и проверяют по несущей способности (недопустимость развития чрезмерных деформаций).

Так как магистральные газопроводы с диаметром до 1420 мм имеют относительно тонкую стенку, то необходимо производить расчет местной потери устойчивости (образование гофр) от продольных напряжений, рассматривая среднюю часть трубопровода (арку) как оболочку, нагруженную по торцам изгибающими моментами и сжатую продольной силой, и определить критическое напряжение, превышение которого приводит к образованию гофр [1].

При реализации схемы на рисунке 1 в зависимости от уровня максимальных напряжений формируют мероприятия по восстановлению всплывшего участка, в том числе, текущий контроль, разгрузку концов участка или врезку катушки. Приведем отдельные примеры.

1. Всплывший участок с аркой, газопровод 1420x19,5 мм, P = 7,4 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 450 МПа, $\sigma_{ср}$ = 600 МПа, категория участка – II, грунт засыпки суглинков, граница обводнена. Размеры арки: длина L=386 м, f_0 = 1,5 м от дневной поверхности земли.

Расчетное максимальное напряжение σ_{max} = 98,3 МПа, что существенно ниже допускаемого R_2 = 270 МПа, $\sigma_{кр}$ = 380 МПа. Результаты тензометрических наблюдений в течение года показали незначительные приращения

напряжений по сезонам, которые, в среднем по году, близки к нулю.

Вывод: всплывший участок находится в состоянии устойчивого равновесия. Установка пригрузов не рациональна. Рекомендуется засыпка типа обвалования плотным грунтом.

2. Газопровод 1420x15,7мм, $\sigma_{0,2}$ = 450 МПа, R_2 = 320 МПа, категория участка – III, грунт засыпки глина. Размеры арки: длина L=100 м, f_0 = 2,0 м.

Максимальное напряжение σ_{max} = 347 МПа > R_2 . Максимальное напряжение больше допускаемого и меньше допускаемого по критерию устойчивости.

Вывод: следует разгрузить концы участка от грунта по десять метров (длина увеличится до 120 м), при этом напряжение снизится до σ_{max} = 253 МПа, т.е. участок находится в зоне безопасной эксплуатации, σ_{max} < R_2 , в которой арка является естественным компенсатором.

Несущая способность газопроводов в мерзлых грунтах

При анализе работоспособности газопроводов в мерзлых грунтах рассматривают участки в подземном и надземном исполнении. Для надземных газопроводов основным фактором является пучение свайных опор, которое приводит к увеличению длины пролетов газопровода и возможным резонансным колебаниям, служащим причиной возникновения усталостных трещин в трубопроводе, или сбрасывания его с опор. Эти задачи и мероприятия по повышению работоспособности подробно изложены в книге [1].

Для подземных газопроводов опасность морозного пучения грунтов состоит в том, что в зависимости от мерзлотно-геологических условий трассы в отдельных участках (высокая льдистость, морозобойное растрескивание, термоэрозия и т.п.) усилия пучения массивов грунта приводят к разрывам или недопустимой потере устойчивости газопровода. В зоне газопровода из-за влияния температуры

газа на окружающие грунты процесс пучения, как сезонного, так и длительного, более интенсивен, чем вдали от трассы, что создает значительные нагрузки. В аналитическом плане здесь решаются задачи теплового взаимодействия трубопроводов с окружающим мерзлым грунтом, а

на их основе – задачи механического взаимодействия и оценки прочности участка газопровода в условиях пучения [1, 4, 5]. При эксплуатации таких участков примерный состав работ по комплексному обследованию представлен в таблице 3.

Таблица 3

Состав и методы работ по комплексному обследованию участков газопроводов в мерзлых грунтах

Наименование работ	Результаты
Выявление участка и размеров пучения газопровода. Анализ технической документации.	Результаты обследования. Описание ПОУ.
Определение температурного режима грунтов в зоне газопровода. Установка термопоперечников. Проба грунтов. Оценка усилий морозного пучения. Для надземных участков – измерение пучения около свайных опор. Определение непроектной длины газопровода из-за пучения свай в соответствии с [3].	Протоколы измерений, состояние изоляционного покрытия и металла. Эскизы технического состояния участка.
Расчетная оценка НДС участка газопровода при пучении, морозостойком растрескивании, наледеобразовании в соответствии с [2].	Результаты оценки прочности ПОУ. Заключение о работоспособности.
Разработка мероприятий по безопасной эксплуатации ПОУ.	Технические решения и противопучинные мероприятия.

Специальное внимание необходимо уделять устойчивости надземных переходов газопроводов через ручьи, речки, где идут процессы наледеобразования, приводящие к пучению свайных опор и потере работоспособности газопроводов. Методика расчета таких переходов детально изложена в [1].

При проектировании и в эксплуатации предусматривают различные методы по защите газопроводов от нагрузок пучения, в том числе, применение анкеров, фи-

зико-химической и тепловой мелиорации грунтов, водопроводов и т.п., что является затратным и не всегда эффективным мероприятием. Здесь приведем сравнительно просто реализуемое техническое решение, которое положительно зарекомендовало себя на газопроводах Крайнего Севера. Суть решения состоит в изменении мерзлотных условий на пучинистом участке и разгрузке участка от сил пучения за счет устройства поперечных разрезов грунта на глубину заложения трубопровода с определенным шагом – рисунок 2.

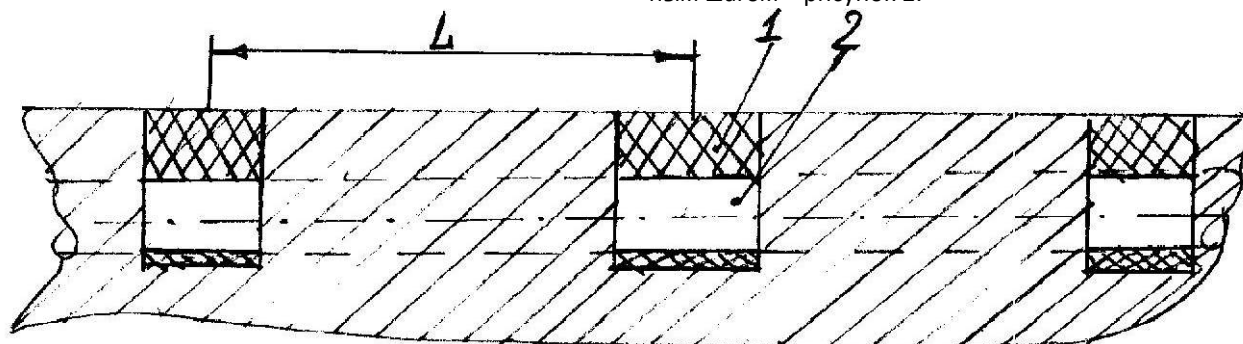


Рисунок 2. Профиль подземного газопровода (2) с устройством грунтовых компенсаторов (1) при расчетном шаге L.

Физический смысл заключается в том, что обеспечивается проскальзывание трубопровода при смерзании с грунтом за счет уменьшения воздействия усилий массива пучения. Устройство поперечных разрезов нарушает целостность массива пучинистого грунта и снижает усилия смерзания трубопровода с грунтом. По существу, на трассе газопровода сооружают грунтовые компенсаторы. Разрезы засыпают непучинистым грунтом, минватой или другим аналогичным материалом, исходя из местных условий. Расстояние между разрезами определяют расчетным путем, исходя из условия не превышения нагрузок, передаваемых на трубопровод от смерзания, допускаемых нормативных нагрузок [1].

Например, для трубопровода диаметром 1420 мм с толщиной стенки 15,7 мм, марки стали Х65 на участке суглинков – длительное сопротивление сдвигу 0,25 МПа при температуре минус 5 градусов Цельсия и весовой влажности 0,27 – получим расстояние между разрезами 23 метра.

Несущая способность участков газопроводов в зонах оползней

Анализ взаимодействия трубопровода с массивом оползня показывает, что для оценки напряженно-деформированного состояния участка газопровода необходимо рассматривать продольные и поперечные оползни, а также учитывать характер контакта трубопровода с грунтом (наличие проскальзывания грунта или его отсутствия), изменение поведения оползневых склонов в зоне газопровода из-за естественных (эрозия) и техногенных (нарушение режима грунтовых и поверхностных вод) воздействий [2, 5]. Поскольку эти процессы носят длительный характер, то необходим мониторинг технического состояния участков газопроводов в зоне оползня и контроля устойчивости самих оползней.

Для оценки напряженного состояния используют методы тензометрии и систему интеллектуальных вставок, а также акустические системы типа «Астрон» [1, 5]. В

расчетах напряженно-деформированного состояния применяют формулы СНиП 2.05-06* и уточненные модели, описанные в [2].

Несущая способность участков газопроводов в зонах карста

Магистральные газопроводы в районах Северного и Среднего Приуралья на протяжении около 600 км пересекают карстовые зоны, которые, в основном, имеют три группы формирования:

- поверхностные формы;
- подземные карстовые полости преимущественно в зоне сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод;
- карстовые полости, образующиеся за счет процессов обрушения пород в их сводах.

В литературе отмечается, что подземные карстовые полости образуются на трассах газопроводов примерно в 2,5 раза быстрее, чем поверхностные формы.

Основная опасность состоит в том, что участок газопровода может провисать в пределах карстовой полости вместе со сводом грунта на нем, при этом размеры провиса со временем возрастают. Карсты в виде воронок достигают значительных размеров, например, на трассе девятиниточного коридора газопроводов Уренгой – Ужгород имеются воронки с диаметрами 24 – 45 м, глубинами 1,0 – 6,5 м, а также провалы грунта размерами 4,0x1,5 м и глубиной 1,2 м [2]. В связи с этим осуществляют контроль напряженно-деформированного состояния участков в карстовой зоне с использованием тех же методов, что и для оползневых участков [5]. Расчет напряженного состояния участка газопровода выполняют для случая провиса трубопровода над карстовой полостью и в соответствии с [3] определяют максимальные продольные напряжения.

В расчетах необходимо учитывать случаи, когда газопровод пересекает несколько карстовых воронок, тогда вместо рассмотренной расчетной схемы однопролетного прямолинейного надземного балочного перехода нужно принять схему многопролетной балки. Также при расчетах следует учитывать различные сочетания типов грунтов, высоты засыпки и режимов эксплуатации.

В качестве компенсирующих мероприятий в эксплуатации, как правило, применяют разгрузку участка га-

зопровода от верхнего слоя грунта, что позволяет осуществить выпрямление оси трубопровода и снижение изгибных напряжений с одновременной подбивкой грунтом под нижней образующей. Эффективным является техническое решение по установке в зоне карстового образования промежуточной опоры в виде жесткой подвесной конструкции, опирающейся на сваи, или плиты.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что для анализа надежности эксплуатации магистральных газопроводов в сложных условиях необходима разработка специальных методов оценки их несущей способности, контроля технического состояния и мероприятий по восстановлению проектного положения.
2. Изложены методы оценки напряженно-деформированного состояния участков газопроводов в болотах, многолетнемерзлых грунтах, в зонах оползней и карста, основанные на аналитических расчетах и диагностических обследованиях.
3. Сформулированы инженерные мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации магистральных газопроводов в сложных природных условиях, а также составлен перечень работ, необходимых для проведения контроля технического состояния газопроводов.

Литература

1. Харионовский В.В. Надежность и ресурс конструкций газопроводов – М.: Недра, 2000 – 468 с.
2. Шаммазов А.М., Зарипов Р.М., Чичелов В.А., Коробков Г.Е. – Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях – М.: Интер, 2006 – 564 с.
3. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Магистральные трубопроводы. СНиП 2.05.06-85*.
4. Орлов В.О., Дубнов Ю.Д., Меренков Н.Д. – Пучение промерзающих грунтов и его влияние на фундаменты сооружений. – Л.: Стройиздат, 1977.
5. Рекомендации по проведению контроля технического состояния подводных переходов (береговые участки) - М.: ВНИИГАЗ, 1999 – 21 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Кочетов Олег Савельевич,

докт. техн. наук, профессор МГУПИ, г. Москва

*RESEARCH OF SYSTEMS OF VIBROPROTECTION FOR PERSON OPERATOR
Kochetov O.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of MGUPI, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В работе исследованы новые средства защиты человека-оператора от повышенных уровней вибрации. Приведены конструктивные схемы виброизолирующих подвесок сиденья для человека-оператора и виброизолированных помостов для обслуживания виброактивного оборудования.

Ключевые слова: подвеска сиденья, виброизолированный помост, математическая модель, направляющий механизм, виброизолирующее устройство, демпфер сухого трения.

ABSTRACT

In work new means of protection of the person operator from the raised levels of vibration are investigated. Constructive schemes of anti-vibration suspension brackets of a seat for the person operator and the vibroisolated scaffolds for service of the vibroactive equipment are provided.

Keywords: the seat suspension bracket, the vibroisolated scaffold, the mathematical model, the directing mechanism, the anti-vibration device, damper of dry friction.

В связи с тем, что вибрация является одним из основных вредных производственных факторов, то одной из актуальных задач исследователей на современном этапе является создание эффективных технических средств виброзащиты производственного персонала от их воздействия [5-10].

Подвеска сиденья и виброизолирующая система помоста для человека-оператора должны обладать равночастотными свойствами, т.е. эффективностью, которая бы незначительно менялась от нагрузки, при ее изменении до 50% (вес операторов изменяется от 60...120 кг), при этом частота собственных колебаний виброизолирующих подвесок и систем с оператором должна находиться в

диапазоне частот 2...5 Гц, т.е. быть ниже частот вибровозбуждения основного класса технологических машин и оборудования.

На рис.1 изображен общий вид виброзащитного сиденья с равночастотными свойствами [2]. Виброзащитная подвеска сиденья содержит механизм стабилизации крена, состоящий из цилиндрического корпуса 1, к которому крепится подушка сиденья, кареток 2 и 3 с упругими элементами 4 и 5, причем корпус 1 через ось 6 соединен с параллелограммным механизмом, состоящим из подвижной 7 и неподвижной 10 П-образных скоб. Рычаги 9 параллелограммного механизма расположены в опорах качения 8, а упругий элемент 11 имеет возможность настройки заданной на вес оператора жесткости системы посредством регулирующего механизма 12.

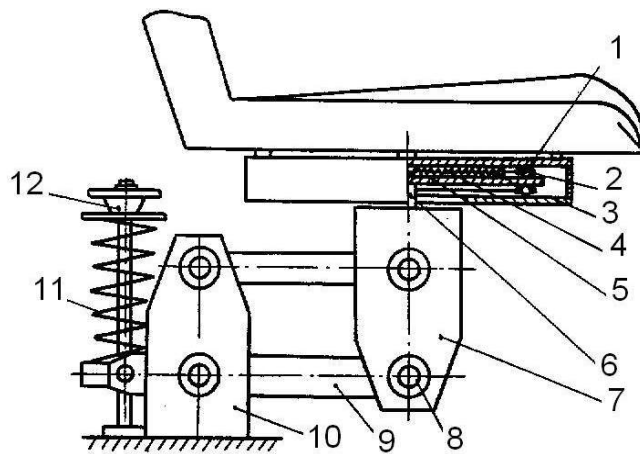


Рис.1. Общий вид подвески сиденья с направляющим механизмом параллелограммного типа.

Вертикальные вибрации, передаваемые на сиденье оператора, гасятся упругим элементом 11, а горизонтальные - упругими элементами 4 и 5 в механизме стабилизации крена.

На рис.2 изображена принципиальная схема виброизолированного помоста [5,7,22]. Упругие элементы виброизолятора 4 могут быть выполнены в виде цилиндрических винтовых пружин [5], или пакета тарельчатых упругих элементов [6,7], состоящих из последовательно соединенных тарельчатых упругих элементов 3 (рис.3а),

внутренняя поверхность которых взаимодействует с расположенной с ними соосно втулкой 2, жестко связанной со стержнем 6, проходящим через отверстие в опорной поверхности 7 помоста. Стопорный механизм, используемый при перевороте помоста во время уборки цеха, представлен контргайками 5 и 6. На (рис.3б) изображена конструктивная схема виброизолятора, когда пакет тарельчатых упругих элементов центрируется по внешнему диаметру.

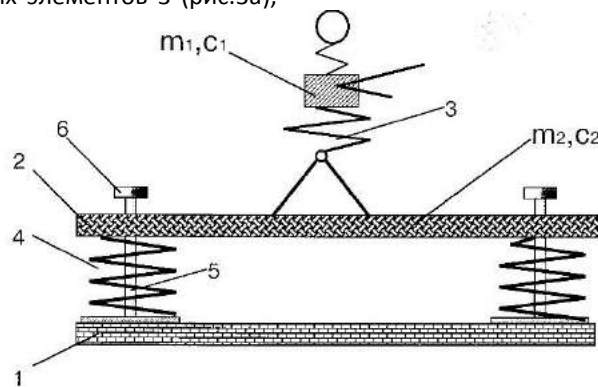


Рис.2. Схема виброизолированного помоста:

1—каркас, выполненный из металлических уголков, 2—деревянный настил, являющийся опорной поверхностью для оператора 3; 4—виброизолятор с направляющим устройством 5; 6— стопорный механизм, используемый при перевороте помоста во время уборки цеха.

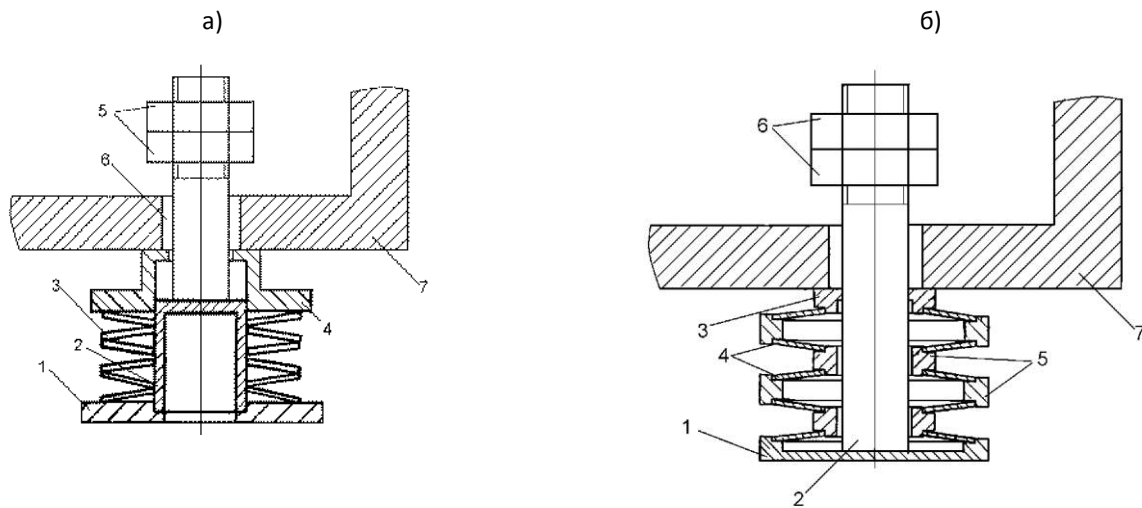


Рис.3. Общий вид упругих элементов виброизоляторов для помоста:

а) с тарельчатыми упругими элементами, центрирующимися по внутреннему диаметру, б) – по внешнему диаметру.

Для аналитического исследования виброколебаний в механической системе «помост-оператор» или «сиденье-оператор» и для выбора рациональных и оптимальных конструктивных параметров виброизолирующих устройств для этих объектов, необходима математическая модель, адекватно описывающая динамику процесса виброизоляции. Данным требованиям отвечает двухмассовая модель (рис.4) системы «объект-оператор» [3,4], учитывающая биодинамические характеристики тела человека-опера-

тора представлено в виде динамического гасителя колебаний с массой m_1 , жесткостью c_1 и демпфированием b_1 , а масса, жесткость и демпфирование виброизолирующего помоста соответственно m_n, c_n и b_n , причем Z_1 и Z_2 - абсолютные перемещения соответственно масс m_1 и m_n , а U - абсолютное перемещение основания (межэтажного перекрытия) производственного помещения.

В рамках выбранной модели динамика рассматриваемой системы виброизоляции описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_1 s^2 Z_1 + b_1 s (Z_1 - Z_2) + c_1 (Z_1 - Z_2) = 0, \\ m_2 s^2 Z_2 + b_1 s (Z_2 - Z_1) + c_1 (Z_2 - Z_1) + b_2 s (Z_2 - U) + c_2 (Z_2 - U) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

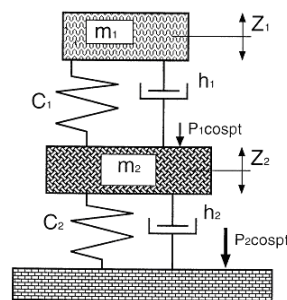


Рис.4. Математическая двухмассовая модель системы «объект-оператор».

В работах [1-5] представлен анализ виброизолирующих свойств системы через передаточную функцию $T(s)$ по каналу «виброскорость основания - виброскорость си-

денья», где $s = j\omega$ комплексная частота, j - мнимая единица, ω - круговая частота колебаний. Передаточная функция $T(s)$ найдена из (1) посредством метода преобразования Лапласа:

$$T(s) = \frac{z_2}{U} = \frac{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(b_2 s + c_2)}{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(m_2 s^2 + b_1 s + c_1 + b_2 s + c_2) - (b_1 s + c_1)^2} \quad (2)$$

На рис.5а представлено сиденье водителя сельскохозяйственной техники [8,9], которое содержит основание 1, каркас 2 с подушкой 5 и спинкой 6, связанные между собой посредством рычажного направляющего устройства 3. К каркасу 2 прикреплена планка 7, которая

связана посредством шарнирного рычага 9 с основанием виброизолирующего устройства 8. К каркасу 2 крепится устройство 4 электрического типа для обогрева подушки и спинки сиденья.

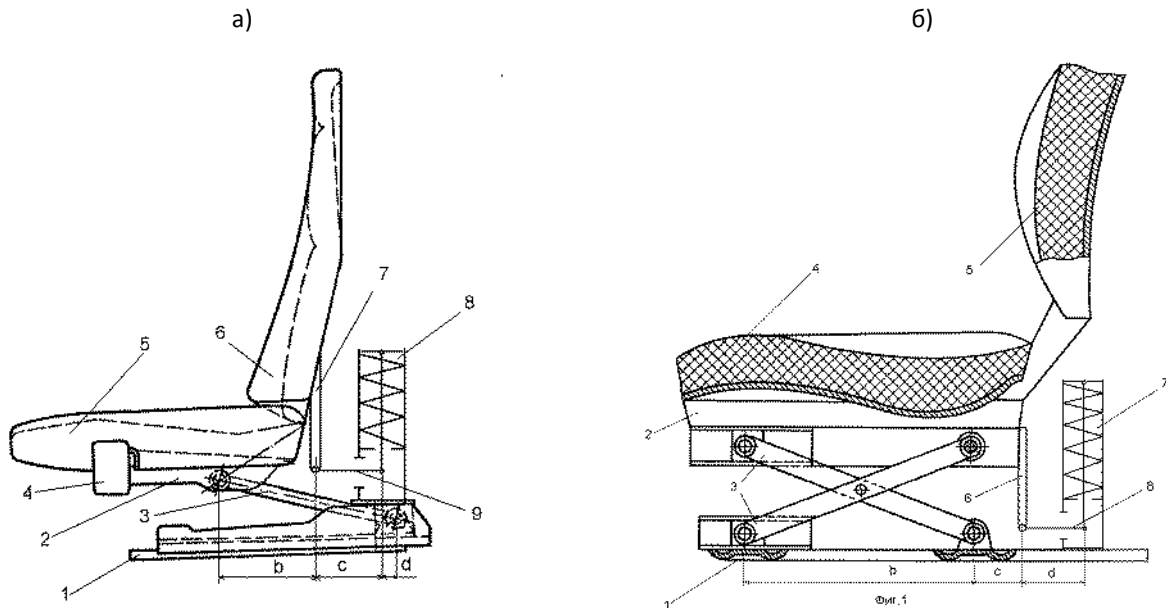


Рис.5. Общий вид подвески сиденья:

а) с рычажным направляющим механизмом, б) с направляющим механизмом типа «ножницы».

На рис.5б представлено сиденье оператора самоходной техники [10], которое содержит основание 1, каркас 2 с подушкой 4 и спинкой 5, связанные между собой посредством направляющего устройства 3, выполненного по типу «ножниц», причем к каркасу 2 прикреплен кронштейн 6, связанный шарнирно с опорной плитой 8 виброизолирующего устройства 7. Виброизолирующее устройство каждой из представленных схем сиденья оператора может быть выполнено с демпфером сухого трения [11,12]: втулочного (рис.6а) или лепесткового (рис.6б) типов. Втулочный демпфер сухого трения (рис.6а) содержит упругий элемент 4, корпус 1, который выполнен в виде

двух oppositно расположенных относительно торцев цилиндрической винтовой пружины 4 верхней 2 и нижней 1 полых гильз Т-образной формы, фиксирующих пружину 4 своей торцевой поверхностью. На торце верхней гильзы 2 закреплена упругая втулка 3, с жесткостью, превосходящей жесткость пружины 4 в десять раз. Втулка 5 выполнена из фрикционного материала и расположена между внешней поверхностью верхней гильзы 2 и внутренней поверхностью нижней гильзы 1, которая с требуемым усилием прижимает втулку 5 из фрикционного материала к внешней поверхности верхней гильзы 2, создавая при этом эффект «сухого трения».

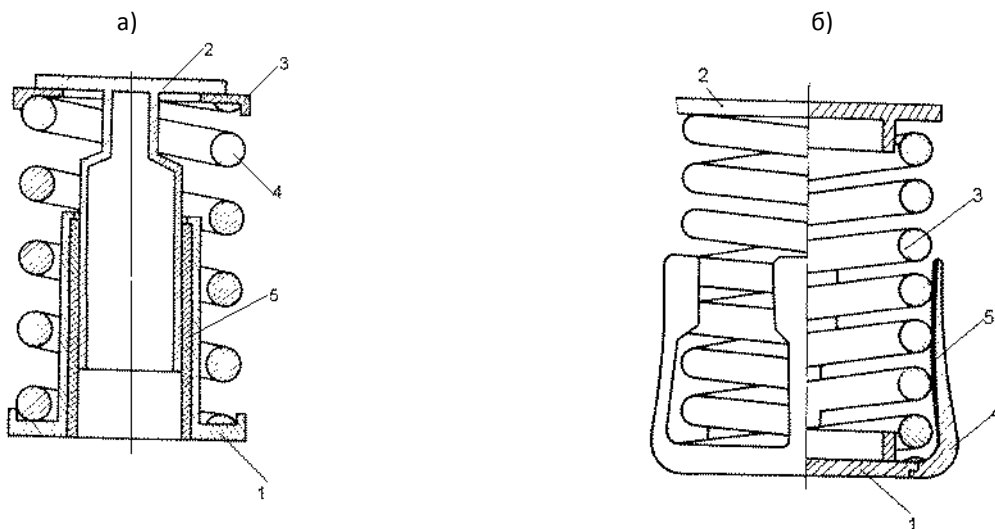


Рис.6. Общий вид виброизолирующего устройства подвески сиденья с демпфером сухого трения:

а) втулочного типа, б) с лепестками

Демпфер сухого трения лепесткового типа (рис.6б) содержит упругий элемент 3, корпус 1, который выполнен в виде двух oppositно расположенных относительно торцев цилиндрической винтовой пружины 3 верхней 2 и нижней 1 втулок, фиксирующих пружину 3 своей внешней поверхностью. Демпфирующий элемент сухого трения

выполнен в виде, по крайней мере трех упругих лепестков 4, жестко связанных с нижней втулкой 1, и охватывающих с определенным усилием внешнюю поверхность пружины 3. Изнутри лепестки 4 покрыты слоем фрикционного материала 5, усиливающего эффект «сухого демпфирования».

На ПЭВМ по предложенной модели был проведен анализ динамических характеристик и найдены рациональные технические параметры подвески сиденья для

операторов основовязальных машин с учетом регламентируемых санитарно-гигиенических требований.

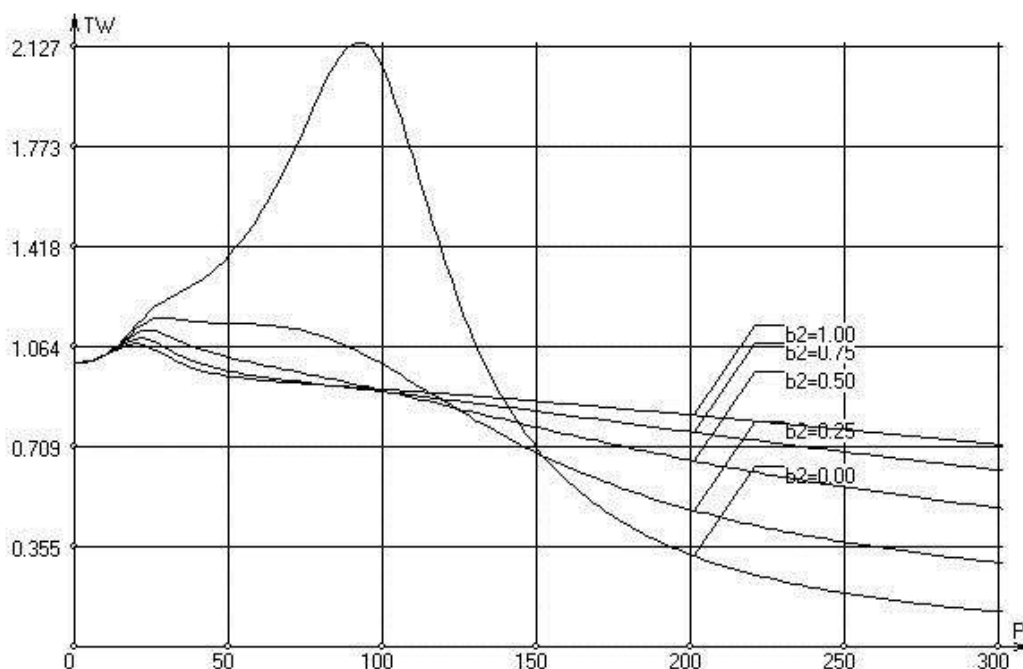


Рис. 7. Динамические характеристики системы «оператор на виброизолирующем помосте» при следующих параметрах: $P_1 = 80$ кгс; $\omega_1 = 25,4$ с⁻¹; $\beta_1 = 0,6$; $P_2 = 50$ кгс; $\omega_2 = 62,8$ с⁻¹; β_2 (var 0...1).

В расчетах задавались следующие параметры:

- человека-оператора – $m_1=80$ кг, $b_1=52700$ Н/м, $c_1=1070$ Нс/м.
- подвески сиденья – $m_2=50$ кг, $b_2=90000$ Н/м, $c_2=5000$ Нс/м.

Результаты расчетов позволили определить оптимальные параметры виброизолированной подвески сиденья оператора: собственная частота колебаний - 12,56 рад/сек, относительное демпфирование - 0,5.

ВЫВОДЫ:

1. Результаты расчета разработанных схем виброизолирующих подвесок сидений и помостов на базе упругих элементов с сухим трением подтвердили правильность выбора математической модели для расчета амплитудно-частотных характеристик на ПЭВМ с учетом биодинамических характеристик тела человека-оператора, которое ведет себя в этих системах как динамический гаситель колебаний с частотой порядка 4 Гц.
2. Разработанные конструкции виброизолирующих подвесок сиденья и помоста человека-оператора с собственной частотой подвеса порядка 12,56 рад/с и относительным демпфированием, равным 0,5, могут применяться на рабочих местах с повышенным уровнем вибрации, при этом снижение вибрации наблюдается до 2...3 раз, и укладывается в санитарные нормы [13,14].

Список литературы

1. Кочетов О.С. Расчет виброзащитного сиденья оператора. Журнал «Безопасность труда в промышленности», № 11, 2009, стр.32-35.

2. Кочетов О.С., Щербakov В.И., Филимонов А.Б., Терешкина В.И. Двухмассовая механическая модель виброизолирующего помоста основовязальных машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 1995, № 5.С. 92...95.
3. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Пирогова Н.В., Петухова И.В. Расчет динамических характеристик подвески сиденья для текстильных машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2000, № 1.С. 95...100.
4. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Чунаев М.В., Швецова И.Н. Расчет на ПЭВМ динамических характеристик виброизолирующего помоста основовязальных машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2001, № 6.С.87...93.
5. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Ходакова Т.Д., Петухова А.В. Виброизолированный помост. // Патент РФ на изобретение № 2298120. Опубликовано 27.04.2007. Бюллетень изобретений № 12.
6. Кочетов О.С. Виброизолированный помост для оператора. // Патент РФ на изобретение № 2385429. Опубликовано 27.03.2010. Бюллетень изобретений № 9.
7. Кочетов О.С., Стареева М.О. Виброизолированный помост оператора. // Патент РФ на изобретение № 2451850. Опубликовано 27.05.2012. Бюллетень изобретений № 15.
8. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Ходакова Т.Д. Сиденье оператора самоходной техники. // Патент РФ на изобретение № 2281864. Опубликовано 20.08.2006. Бюллетень изобретений № 23.
9. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Ходакова Т.Д., Шестернинов А.В., Елин А.М., Куличенко А.В. Сиденье

- водителя сельскохозяйственной техники. // Патент РФ на изобретение № 2279358. Опубликовано 10.07.2006. Бюллетень изобретений № 19.
10. Кочетов О.С. Сиденье водителя самоходной техники. // Патент РФ на изобретение № 2381919. Опубликовано 20.02.2010. Бюллетень изобретений № 5.
11. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Ходакова Т.Д., Шестернинов А.В., Стареев М. Виброизолятор с демпфером сухого трения. // Патент РФ на изобретение № 2282076. Опубликовано 20.08.2006. Бюллетень изобретений № 23.
12. Кочетов О.С., Кочетова М.О., Ходакова Т.Д., Шестернинов А.В., Стареев М. Е. Виброизолятор с сухим трением. // Патент РФ на изобретение № 2279592. Опубликовано 10.07.2006. Бюллетень изобретений № 19.
13. ГОСТ 12.1.012 - 90. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности. М.: Госстандарт, 1991, -31с.
14. Кочетов О.С., Гетия С.И. Оценка улучшения условий труда по эргономическим показателям. Журнал «Человек и труд», № 12, 2009, стр.59-61.
15. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет на ПЭВМ динамических характеристик системы человека-оператора /Речной транспорт (XXI век). № 2.2009 С.79-81.
16. Кочетов О.С. Расчет пространственной системы виброзащиты. Журнал «Безопасность труда в промышленности», № 8, 2009, стр.32-37.
17. Кочетов О.С. Расчет виброзащитного сиденья оператора. Журнал «Безопасность труда в промышленности», № 11, 2009, стр.32-35.
18. Кочетов О.С. Динамические характеристики виброзащитной системы человека-оператора. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 4 (50), 2013 г.
19. Кочетов О.С., Муравей Л.А., Веряскин А.А., Новичков С.А., Бабушкин О.Ю., Стареева М.О. Сиденье оператора самоходной техники // Патент РФ на изобретение № 2451608. Опубликовано 27.05.2012. Бюллетень изобретений № 15.
20. Кочетов О.С., Стареева М.О. Виброизолятор// Патент РФ на изобретение № 2451849. Опубликовано 27.05.2012. Бюллетень изобретений № 15.
21. Кочетов О.С., Стареева М.О. Виброизолированный помост оператора// Патент РФ на изобретение № 2451850. Опубликовано 27.05.2012. Бюллетень изобретений № 15.

РАДИОКАНАЛ СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Колчин Павел Сергеевич

Магистрант, Тамбовский государственный технический университет

АННОТАЦИЯ

Эффективность беспилотных летательных аппаратов в значительной мере зависит от характеристик устройств радиосвязи и наземного пункта управления. Поэтому актуальной задачей является оптимизация радиолиний управления и передачи данных, т. к. она способствует увеличению дальности связи и повышению качества передачи информации. Для решения задачи необходимо исследование характеристик радиоканала связи с летательного аппарата.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) очень широко распространены в армиях разных стран, что актуальной становится проблема их совместного применения. Соответственно, необходимы единые стандарты каналов связи с БПЛА. Работы над решением этой задачи еще продолжаются, однако уже сейчас можно подвести некоторые итоги, проанализировать общие требования к каналам связи с БПЛА и определить наиболее перспективные пути их реализации.

Канал радиосвязи между БПЛА и наземным пунктом управления относится к авиационному каналу, который описывается многолучевой моделью с явлениями переломления, рассеивания и дифракции.

Отражение имеет место, когда электромагнитная волна сталкивается с препятствием, размеры которого значительно превышают длину волны.

Дифракция происходит, когда трасса распространения между передатчиком и приемником перекрыта плотным препятствием с размерами, которые являются большими по отношению к длине волны сигнала, что приводит к формированию позади препятствия вторичных волн.

Рассеивание происходит, когда распространяющийся сигнал наталкивается на объект, размеры которого порядка длины волны сигнала или менее, что приводит к переизлучению энергии сигнала по всем направлениям. Эти три эффекта распространения вместе образуют общую картину замираний в канале, достаточно полно представляемую как замираниями крупного масштаба и мелкомасштабными замираниями.

В наше время ведутся многочисленные разработки радиосредств для связи с БПЛА, причем они характеризуются многообразием подходов. Определенную долю международного рынка занимают системы с традиционными, проверенными на протяжении многих лет методами модуляции сигналов. Характерным примером тому является аналоговый канал передачи видеоданных с борта германского БПЛА "Луна" с полосой пропускания 5МГц, по которому также транслируются изображения местности, полученные с бортовой РЛС с синтезированной апертурой MiSAR. Другой пример использования устаревших, с точки зрения STANAG 4609, аналоговых методов связи с традиционной частотной модуляцией сигналов GMSK – разработанный компанией Enerdyne программно-

рованный модем для тактических систем БПЛА EnerLinksIII. В режиме прямой видимости он передает видеоданные NTSC, PAL и RS170 в частотных диапазонах 1700–1850 МГц, 2200–2500 МГц, 4400–4950 МГц и 5250–5850 МГц. Каждый из них может использоваться для восходящего и нисходящего каналов. При этом достигается эквивалентная скорость передачи данных 11 Мбит/с на расстоянии 75 морских миль (в дальнейшем планируется поднять скорость передачи до 22 Мбит/с) и 5 Мбит/с – на расстоянии до 100 морских миль. В типовом составе наземного оборудования предусмотрена зеркальная параболическая антенна диаметром 24 дюйма с автоматическим сопровождением БПЛА в пределах зоны прямой видимости. Для работы на незначительной дальности, где угловая скорость БПЛА может превысить возможности карданной подвески наземной антенной системы, используется всенаправленная антенна. Антенны переключаются автоматически. Кроме аналогового режима работы, разработчики рекламируют возможность перепрограммирования EnerLinksIII для цифровых методов модуляции, что свидетельствует о перспективности именно цифровых технологий передачи данных.

Ширина полосы пропускания радиоканала системы EnerLinksIII связана со скоростью передачи данных и, к примеру, для 10 Мбит/с составляет менее 12 МГц по уровню -20 дБс, а по уровню -50 дБс – около 24 МГц. При компрессии изображения согласно стандарту H.264 обеспечивается передача данных двух каналов в режиме NTSC с максимальным разрешением видео 560×480 пикселей или 550×576 – в режиме PAL. При этом максимальная скорость передачи от одного такого источника видеосигналов составляет 3,5 Мбит/с.

Как правило, максимальное расстояние для прямой радиосвязи между БПЛА гражданского назначения и НКУ на сегодняшний день составляет не более 100 км. Для командно-телеметрической связи на больших расстояниях возможно использование спутниковой связи. В этом случае поток данных ограничивается минимально необходимой информацией о состоянии БПЛА, интервал передачи которой может составлять, например, от 30 до 300

секунд. Перспективным направлением в развитии систем связи с БПЛА является использование частотных диапазонов выше 5 ГГц. При этом становится возможной передача большого объема данных полезной нагрузки в режиме реального времени (например, это могут быть изображения с датчиков излучения различного диапазона длин волн). Факторами, резко ограничивающими радиус действия радиосистемы связи при использовании данных диапазонов, являются сильная зависимость условий распространения электромагнитных волн от погодных условий, необходимость прямой видимости и влияние многолучевости.

Таким образом, дальность связи БПЛА зависит от многих факторов, в том числе высоты ЛА, мощности передатчика ЛА, чувствительности приемника НПУ, типов антенн на борту ЛА и на НПУ, вида модуляции и др. Для увеличения дальности действия малоразмерных БПЛА необходимо использование энергетически выгодных видов модуляции и наземной антенны с высоким коэффициентом усиления. В некоторых случаях для обеспечения устойчивой связи с удаленным БПЛА нужно использовать другой БПЛА.

Для передачи данных (фотоснимков, видеоизображений) с БПЛА на наземный пункт управления в реальном времени требуется большая скорость передачи.

Подготовлено при поддержке РФФИ грант № 15-08-01617-а.

<https://kias.rfbr.ru/Application.aspx?id=10121113>

Список использованных источников

1. Долуханов, М. Распространение радиоволн / М. П. Долуханов. – М.: Связь, 1972. – 336 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. / Б. Скляр. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 1104 с.
3. www.nato.int/structur/AC/224/standard/4609/4609.htm.

ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЙ. ПРИМЕНЕНИЕ И ОБЗОР СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Конесев Сергей Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Кириллов Роман Вячеславович

Аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

VOLTAGE PULSE GENERATORS. APPLICATION AND REVIEW CIRCUIT SOLUTIONS

Konesev Sergey, Candidate of Technical Science, assistant Professor Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Kirillov Roman, postgraduate, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

АННОТАЦИЯ

Цель – разработка генератора импульсов напряжения – определяет ряд задач, в том числе обзор областей применения генераторов импульсов напряжения, сравнительный анализ существующих схемотехнических решений.

Метод исследования – аналитический обзор.

Результат. В статье выполнен обзор схемотехнических решений существующих генераторов импульсов напряжения, проанализированы их достоинства и недостатки, рассмотрены наиболее распространенные области их применения.

Выводы. Полученные результаты будут полезны инженерам, участвующим в исследовании и разработке генераторов импульсов напряжений.

ABSTRACT

The background is development of a voltage pulse generator. It determines a number of tasks, including the review of scopes of voltage pulse generators, a comparative analysis of the existing circuitry decisions.

Method of research - analytical review.

The Result. This article gives an overview of circuitry decisions of existing voltage pulse generators. Its advantages and disadvantages were analyzed. The most widespread areas of their application were considered.

Conclusions. The received results will be useful to the engineers participating in research and development of voltage pulse generators.

Ключевые слова: генератор импульсов напряжения, многофункциональный интегрированный электромагнитный компонент.

Keywords: voltage pulse generator, multifunctional integrated electromagnetic component.

Мощная импульсная техника представляет собой область электротехники, рассматривающая получение и применение импульсов напряжения со следующими параметрами:

- амплитуда напряжения: от 10^2 В до 10^7 В;

- длительность импульсов: от 10^{-1} с до 10^{-10} с.

Генераторы импульсов напряжения (ГИН) применяются в различных областях техники, основные из них представлены на рисунке 1.

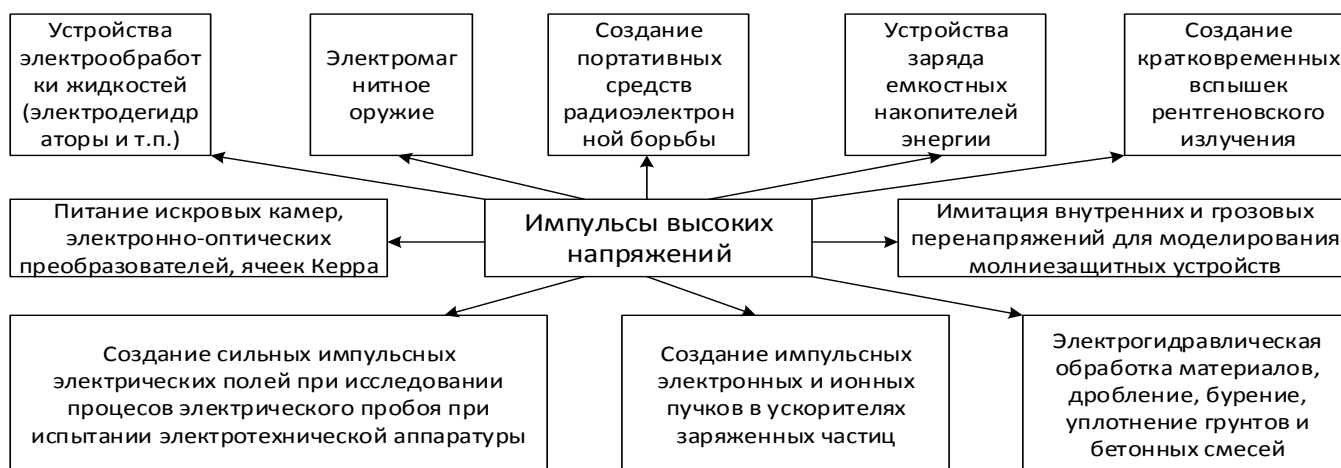


Рисунок 1. Области применения импульсов напряжений

Умножение (трансформация) напряжения может осуществляться следующими способами:

- переключение схемы соединения элементов с параллельной на последовательную,
- использование импульсного трансформатора,

- резкий обрыв зарядного тока индуктивного накопителя (плазменные размыкатели, размыкатели на основе электрического взрыва проводников, вакуумные и т.п.) [1].

По схмотехническому исполнению ГИН можно классифицировать следующим образом (рисунок 2):



Рисунок 2. Классификация ГИН по схмотехническому исполнению

Рассмотрим подробнее каждый из классов ГИН.

Генератор Аркадьева-Баклина-Маркса изобретен российскими учеными В. К. Аркадьевым и Н. В. Баклиным в 1914 году и немецким инженером Э. О. Марксом в 1924 году независимо. Оба генератора схожи по конструкции, однако отличаются способом соединения конденсаторов (контактно-механический вместо бесконтактного у Маркса). Принцип действия генератора Аркадьева-Баклина-Маркса основан на заряде электрическим током соединённых параллельно (через резисторы) конденсаторов (рисунок 4), которые после зарядки соединяются после-

довательно при помощи различных коммутирующих устройств (например, газовых разрядников или триггетров). Таким образом, выходное напряжение увеличивается пропорционально количеству соединённых конденсаторов.

Генераторы Аркадьева-Баклина-Маркса позволяют получать импульсы напряжения до десятка миллионов вольт. Частота импульсов может достигать нескольких десятков герц. Энергия в импульсе генераторов Аркадьева-Маркса широко варьируется и может достигать величин в десятки мегаджоулей.

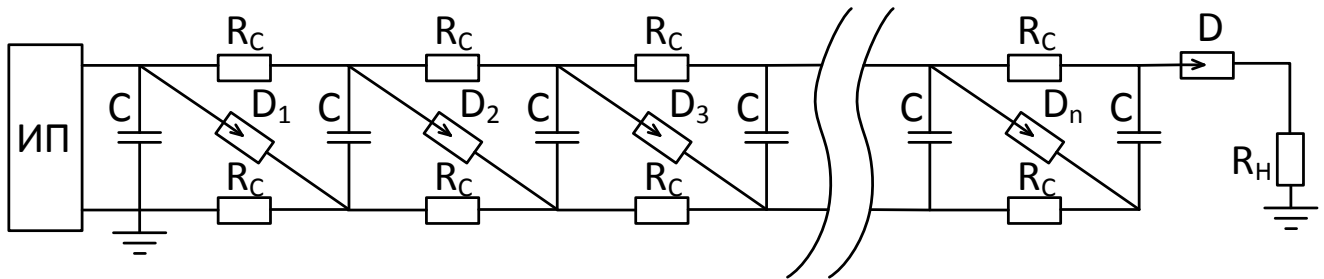


Рисунок 4. Генератор Аркадьева-Баклина-Маркса

Достоинствами ГИН Аркадьева-Маркса являются простота конструкции и надежность (после запуска первой ступени мала вероятность того, что генератор не работает). К недостаткам можно отнести следующие:

- необходимость изоляции высших ступеней на полное выходное напряжение и, как следствие, большая индуктивность и низкая выходная мощность;
- при питающем напряжении 50 – 100 кВ он должен содержать 5 – 8 искровых коммутаторов, что влечет за собой снижение КПД и энергетических и массогабаритных параметров;
- амплитуда импульса напряжения чувствительна к временному разбросу срабатывания разрядника [2].

Импульсные трансформаторы – класс устройств, включающий в себя: генератор с трансформатором Тесла, генератор с автотрансформатором, линейный импульсный трансформатор. При помощи трансформаторов Тесла и автотрансформаторов можно создавать импульсы частотой до 1 кГц и напряжением более 1МВ. Линейные трансформаторы позволяют умножать напряжение более эффективно, чем генераторы Аркадьева-Маркса. В частности, в ускорителе «Hermes-III», предназначенном для радиационных испытаний, достигнуто напряжение 20 МВ за счет умножения напряжения первичных генераторов

на накопительных линиях, заряжаемых генератором Маркса.

Спиральный генератор Фитча-Говела – это устройство, принцип действия которого основан на коммутации заряженной двухполосковой линии, свернутой в рулон (рисунок 5). После коммутации ключа К, начинает бежать волна напряжения, которая, дойдя до разомкнутого конца отражается от него и меняет свое направление, соответственно происходит инверсия напряжения. Напряжения в активной и пассивной линии складываются, давая в сумме напряжение, кратное удвоенному количеству витков генератора [3]. Спиральный генератор Фитча-Говела является разновидностью трансформатора Тесла, предложенного Н.В. Белкиным и А.Я. Жарковой с условием, что количество витков в первичной обмотке равно 1.

Принцип действия кабельного генератора основан на таких свойствах линий с распределенными параметрами, как наличие временной задержки, чисто активное волновое сопротивление и явление отражения импульсов. Генератор Блюмляйна является разновидностью классического кабельного генератора, с той лишь разницей, что мощность импульса увеличивается в 2 раза по сравнению с классическим кабельным генератором [2].

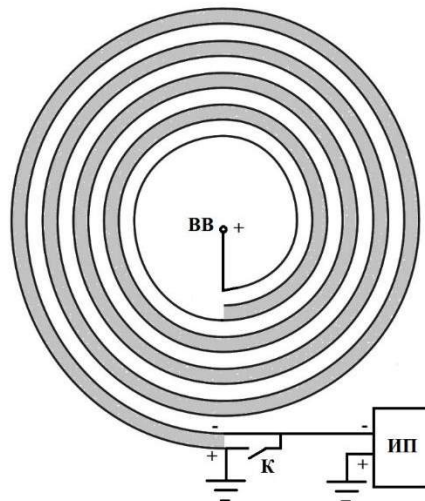


Рисунок 5. Спиральный генератор Фитча-Говела

Кабельный генератор – это устройство, принцип действия которого основан на таких свойствах линий с распределенными параметрами, как наличие временной задержки, чисто активное волновое сопротивление и явление отражения импульсов. Генератор Блюмляйна является разновидностью классического кабельного генератора, с той лишь разницей, что мощность импульса увели-

чивается в 2 раза по сравнению с классическим кабельным генератором [2].

В настоящее время проблема миниатюризации ГИН стоит достаточно остро в связи с общей тенденцией к снижению объемов и массы электронной аппаратуры. Существуют различные способы улучшения эксплуатационных характеристик генераторов импульсов, такие как: использование более современных материалов, использо-

вание более совершенной элементной базы, оптимизация конструкционной компоновки (использование полупроводникового ключа, уменьшающего тепловыделение, массовые и габаритные показатели компонентов), повышение частоты преобразования электроэнергии [5].

Появившаяся в последнее время на российском рынке современная отечественная и зарубежная микроэлектронная элементная база позволяет повысить надежность, улучшить массогабаритные и энергетические характеристики генераторов импульсов благодаря созданию новых схемных решений, обеспечивающих повышение частоты.

Улучшение технико-экономических показателей ГИН электрофизических и электротехнологических установок является весьма актуальной задачей. Ускорение процесса разработки, повышение технологичности и надежности, а также снижение себестоимости ГИН эффективно реализуется применением гибридных электромагнитных элементов (ЭМЭ), зачастую определяющих массу и габариты устройств, создаваемых на их основе. Перспективность и технико-экономическая эффективность развития ЭМЭ обеспечивается их функциональной интеграцией, что подтверждает аналитический обзор существующих разработок. Функциональная интеграция заключается в суммировании в одном компоненте нескольких одновременно выполняемых функций за счет совместного использования различных физических явлений, эффектов, свойств без или почти без увеличения числа дискретных элементов в компоненте [6].

Авторами разработаны и запатентованы различ-

ные схемотехнические решения ГИН на основе многофункционального интегрированного электромагнитного компонента (МИЭК) [7, 8, 9]. Применение МИЭК позволяет уменьшить массу и габариты, снизить расход электропроводящих, изоляционных и конструкционных материалов, снизить трудоемкость и себестоимость изготовления ГИН. В связи с этим исследование и разработка МИЭК и электротехнических устройств на их основе является актуальной задачей.

Генератор импульсов напряжения, представленный на рисунке 6, содержит источник питания, МИЭК, коммутаторы S_1, S_2, S_3 . МИЭК состоит из нескольких магнитосвязанных секций, каждая из которых содержит первую и вторую проводящие обкладки, свернутые в спираль и разделенные диэлектриком.

Особенностью устройства является то, что первые обкладки каждой секции соединены последовательно, а вторые – параллельно. Причем коммутаторы включены между концом первой проводящей обкладки и началом второй проводящей обкладки каждой секции МИЭК. Первый вывод источника питания подключен к началу первой проводящей обкладки первой секции, а второй – к выводам вторых проводящих обкладок каждой секции. Нагрузка подключена к началу первой проводящей обкладки первой секции и к концу первой проводящей обкладки последней секции МИЭК. Работа коммутаторов определяется алгоритмом работы системы управления, задающим амплитуду и частоту импульсов напряжения на нагрузке, определяя тем самым выходную мощность.

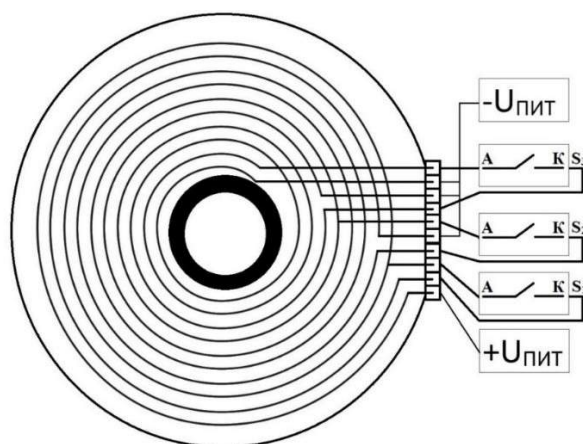


Рисунок 6. Генератор импульсов напряжений

При одновременном включении коммутаторов предлагаемого ГИН увеличивается мощность импульсов напряжения, при чередующемся – увеличивается частота импульсов напряжения. Мощность каждого импульса определяется величиной напряжения заряда емкостей секций МИЭК и емкостью каждой секции. Возможны и иные режимы работы коммутаторов, позволяющие расширить функциональные возможности устройства.

Применение МИЭК позволяет расширить функциональные возможности устройства. Повышение надежности работы ГИН обеспечивается выполнением устройства с использованием единого компонента [9].

Литература

1. Пичугина М.Т. Мощная импульсная энергетика.– Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 98 с.

2. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника.– М.: Наука, 2004.– 704 с.
 3. Биченков Е.И., Пальчиков Е.И., Рябчун А.М., Башкатов Т.Ю. Об уточнении теоретической модели для спирального генератора высоких напряжений // Журнал технической физики, 2007.– Т. 77.– Вып. 12.
 4. Пальчиков Е.И., Рябчун А.М., Красников И.Ю. Модифицированный спиральный генератор высоких напряжений для питания импульсного рентгеновского аппарата // Журнал технической физики, 2012.– Т. 82.– Вып 2.
 5. Конесев С.Г. и др. Многофункциональные интегрированные электромагнитные компоненты в системах преобразования электрической энергии. Обзор

- // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: межвуз. сб. науч. статей.— Уфа, 2005.— С. 29-33, 36-39.
6. Задерей Г.П. Многофункциональные магнитные радиокомпоненты (многофункциональные электронно-магнитные трансформаторы).— М.: Сов. Радио, 1980.— 136 с.: ил.
 7. Устройство заряда емкостного накопителя / Конесев С.Г., Хазиева Р.Т., Кириллов Р.В., Мухаметшин А.В., Садиков М.Р.: пат. 117748 от 27.06.2012, Рос. Федерация. БИ, 2012. N 18.
 8. Генератор импульсов напряжения / Конесев С.Г., Хазиева Р.Т., Кириллов Р.В., Мухаметшин А.В., Садиков М.Р.: пат. 2477918 от 20.03.2013, Рос. Федерация. БИ, 2013. N 8.
 9. Конесев С.Г., Кириллов Р.В., Кондратьев Э.Ю., Садиков М.Р., Хлюпин П.А. Индукционные нагревательные системы для протяженных нефтепроводов // Нефтегазовое дело.— Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014.— Т.12.— №4.— С. 40-47.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПОЛИМЕРНОЙ УПАКОВКИ ДЛЯ ЗАМОРОЗКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Короткий Игорь Алексеевич

доктор технических наук, профессор, Сахабутдинова Гульнар Фигатовна, аспирант, Кемеровский технологический институт, пищевой промышленности (университет), г. Кемерово

THE USE OF BIOPOLYMER PACKAGING FOR FREEZING FOOD PRODUCTS

Korotkiy Igor', doctor of technical sciences, professor, Sakhabutdinova Gul'nar, graduate, Kemerovo technological Institute of food industry (University), Kemerovo

АННОТАЦИЯ

Замороженные продукты традиционно упаковываются в материалы на основе нефтепродуктов. К этим материалам относятся полипропилен, полиэтилен, полиэтилентерефталат. На сегодняшний день эти полимеры повсеместно встречаются в среде обитания человека в виде отходов, которые сложно сортировать, перерабатывать и утилизировать. В связи с этим встает вопрос об использовании в качестве упаковки биополимеры, которые помогут решить вопрос о загрязнении окружающей среды.

ABSTRACT

Frozen foods are traditionally packaged in materials based on petroleum products. These materials include polypropylene, polyethylene, polyethylene terephthalate. To date, these polymers are ubiquitous in the human environment as waste, which is difficult to sort, recycle and dispose. This raises the question about the use as packaging biopolymers, which will help to solve the issue of environmental pollution.

Ключевые слова: упаковка, замораживание, биополимеры

Keywords: packaging, freezing, biopolymers

В последнее время все большая часть работающего населения пользуется удобствами, предлагаемыми сетью гипермаркетов в виде обработанных и замороженных пищевых продуктов. Замораживание является одним из самых здоровых способов хранения продуктов. Низкотемпературные технологии консервирования позволяет сохранить большинство питательных веществ, в отличие от процессов сохранения с использованием вредных добавок, таких как соль, сахар или уксус. Кроме того, вкус и текстура замороженных продуктов по своим функциям минимально отличается от свежих. Опыт показывает, что продукты питания, хранящиеся при низких температурах, в меньшей степени, страдают от потери питательной ценности, чем те, которые хранятся посредством сушки или консервирования [3].

Для обеспечения максимально возможного сохранения качества замороженных плодов и овощей для упаковки применяется материал, обеспечивающий минимальные потери массы при хранении (усушку), т. е. обладающий низким уровнем влагопроницаемости. Другое важное требование, которое предъявляется к материалам для упаковки замороженных продуктов, — это газонепроницаемость. Упаковочный материал должен предохранять продукт не только от воздействия кислорода воздуха, но и сохранять летучие ароматические вещества.

В настоящее время широкое применение для упаковки замороженных продуктов нашли пакеты из полиэтилена высокой плотности. Пленки обладают хорошей механической прочностью, инертны по отношению к пищевым продуктам, практически водонепроницаемы, выдерживают интервал температур от -50 до $+70^{\circ}\text{C}$, имеют невысокий уровень воздухопроницаемости и низкую стоимость. Быстрозамороженные плодоовощные товары могут упаковываться также в пакеты из полиамид-целлофана. В качестве потребительской тары также могут использоваться пакеты из ламинированного картона с вкладышем из пергаменты, целлофана, полиэтилена или другого непроницаемого для влаги материала или без вкладышей [1, 2].

Но у перечисленных материалов существуют неоспоримые недостатки: их производят из невозобновляемых ископаемых природных ресурсов (нефти), затруднены организация и проведение операций по сбору, разделению, вторичной переработки и утилизации использованной упаковки из таких материалов. Также нужно отметить, что перечисленные выше операции всегда экономически затратны и чаще невыгодны. На сегодняшний день огромное количество полимеров накоплено в биосфере, что является трудноразрешимой экологической проблемой, так как процесс полной декомпозиции полимеров в природных условиях занимает от 500 до 1000 лет. Это не

соответствует устойчивому развитию общества и потому всё больше в мире прослеживается тенденция использования возобновляемых ресурсов при производстве пластика, растет интерес к созданию и использованию экологически чистых продуктов.

Для разрешения экологической проблемы загрязнения биосферы следует предложить альтернативный материал для упаковки, который способен разложиться в короткие сроки без нанесения вреда окружающей среде.

Наиболее перспективным решением является использование биополимерной пленки для упаковки пищевых продуктов, которую получают с помощью полимеризации сырьевых материалов на биологической основе. В упаковочной отрасли широко распространены пленки из сырья на основе крахмала, целлюлозы, хитина или хитозана, желатина и др. Они способны разложиться путем химического, физического или биологического воздействия с получением следующих составляющих: углекислый газ, метан, воду, неорганические соединения или биомассы [4-6].

Чаще всего описанные биополимеры применяются для производства одноразовой упаковки. В России также распространены оксоразлагаемые полимерные материалы, имеющие в своем составе соли металлов или наполнитель – крахмал, такие материалы не являются биоразлагаемыми, так как у них в составе в большом количестве содержатся традиционные полимеры [7].

На данный момент потребность в массовом производстве биополимерной упаковке отсутствует в виду того, что поведение такой упаковки в процессе хранения продукта не изучена. Предлагается создать технологию замораживания и низкотемпературного хранения пищевых продуктов, которая позволила бы использовать биополимеры на основе растительного сырья в качестве упаковки.

Процесс замораживания продукции в биополимерной упаковке рассмотрим на примере овощных полуфабрикатов, изготовленных из целых или нарезанных плодов, овощей, бахчевых культур с добавлением натуральных пищевых компонентов или без них, упакованных и замороженных ускоренным способом до достижения внутри продукта температуры – 18 °С и предназначенные для хранения и реализации при этой температуре.

Предполагается замораживать фасованное мытое, очищенное, нарезанное, прошедшее инспекцию, бланшированное и подсушенного сырья в биополимерных пакетах. Пакеты предварительно вакуумируются. Предварительное замораживание можно осуществлять конвективным способом с помощью принудительного обдувания воздухом, в результате чего затвердеет поверхностный

слой глубиной 2-3 мм, приобретя дополнительную механическую прочность. Окончательное замораживание можно осуществить с помощью контактного способа. Весь процесс будет производиться при температуре минус 30-35°С в течении 20 – 90 минут в зависимости от типа продукта, его размеров и массы.

В результате, полученный готовый продукт будет упакован в вакуумированную биополимерную упаковку, которая значительным образом увеличит сроки хранения, надежно защитит продукт от потери ароматических качеств и усадки, а также придаст товару оптимальный эстетический вид.

В заключение выделим основные преимущества использования биополимеров при производстве упаковки:

- уменьшение процента полимерных отходов в будущем;
- уменьшение выбросов в атмосферу CO₂;
- независимость от нефтехимического сырья;
- культивирование восстанавливаемых ресурсов [6, 7].

Список литературы

1. Холодильная технология пищевых производств: учебник для вузов: в 3 частях [Текст] / В.И. Филиппов, М.И. Кременская, В.Е. Куцакова. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 576 с.
2. 2 Шутова М. Замороженные продукты питания быстрого приготовления: Статья. – Режим доступа: <http://www.allwomens.ru/7815-zamorozhennyeproducty-pitaniya-bystrogo-prigotovleniya.html>
3. 3 Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 351100 "Товароведение и экспертиза товаров" и др. технолог. спец. пищевого профиля / И.Э. Цапалова [и др.]; ред. В. М. Позняковский. - Новосибирск: Сиб. ун-в. изд-во, 2003. - 271 с
4. 4 Коваленко О. Биоразложение: углеродный след упаковки [Текст] / О. Коваленко, М. Молодиченко // Тара и упаковка. - 2011. - №4. - С. 16-20
5. 5 Панина, Т. Свойства биоразлагаемого полиэтлена, наполненного крахмалом [Текст] / Т. Панина, А. Федотова // Тара и упаковка. - 2011. - №6. - С. 12-13
6. 6 Упаковка из биоразлагаемых материалов [Текст] // Тара и упаковка. - 2012. - №4. - С. 40-41
7. 7 Бабаева, С. Биополимеры или разлагающие добавки [Текст] / С. Бабаева // Тара и упаковка. - 2008. - №5. - С. 12-16

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНООБРАЗНОГО ИЗНОСА РЕЛЬСОВ С ДИНАМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ «ХОДОВЫЕ ЧАСТИ – ПУТЬ» И СКОРОСТЬЮ

Козырев Александр Иванович

кандидат технических наук, доцент, Московский государственный университет путей сообщения

COMMUNICATION OF PARAMETERS OF WAVE-SHAPED DEPRECIATION OF RAILS WITH DYNAMIC PROPERTIES OF SYSTEM «RUNNING GEARS - THE WAY» AND SPEED

Kozyrev Alexandr, Candidate of the technical. Sciences, assistant professor of Moscow state university of means of communication

АННОТАЦИЯ

Определена зависимость параметров волнообразных неровностей рельсов от динамических свойств системы «ходовые части - путь», базы тележек подвижного состава и скоростью движения.

ABSTRACT

The relation of parametres of wave-shaped irregularities of rails to dynamic properties of system «running gears - a way», baselines of dollies of railway vehicles and speed of motion is determined.

Ключевые слова: железнодорожный путь; волнообразный износ; динамика; подвижной состав; тележка; ходовая часть; скорость движения

Keywords: track; wave-shaped depreciation; dynamics; railway vehicles; a dolly; a running gear; speed of motion

Результаты выполненных комплексных исследований [1-5] показали, что при динамическом взаимодействии ходовых частей с верхним строением пути в упруго деформированном рельсе между смежными колёсами тележек эксплуатируемого подвижного состава возникают резонансные явления. Они вызваны образованием в рельсе суперпозиции мод вертикальных колебаний (стоячих волн) на соответствующих резонансных частотах. При этом каждой моде колебаний из этой суперпозиции соответствует определённая длина стоячей волны, равная частному от деления расстояния между смежными колёсами (базы) эксплуатируемых тележек подвижного состава на номер моды колебаний рельса.

Известно, что в связанной динамической системе «ходовые части – путь» существуют собственные формы вертикальных колебаний неподрессоренных масс на пути и соответствующие этим формам собственные (резонансные) частоты. При совпадении этих собственных частот во время движения с частотами прохода смежными колёсами неровностей из образующейся суперпозиции стоячих волн в упруго деформированном рельсе, то в рельсе возникают дополнительные резонансные явления с обра-

зованием резонирующих стоячих волн. На длине этих резонирующих стоячих волн, сравнительно с другими длинами стоячих волн в рельсе, в зоне контакта увеличиваются динамические силы и напряжения, которые усиливают пластическую деформацию на поверхности катания рельса [6]. Скорости движения, на которых происходит образование в упруго деформированном рельсе резонирующих стоячих волн, являются резонансными. Поэтому система из смежных колёс тележки и упруго деформированного между ними рельса представляет собой колебательную систему с резко выраженными резонансными свойствами.

Резонансные явления в рельсе между смежными колёсами тележек при динамическом взаимодействии ходовых частей с верхним строением пути присутствуют всегда, но они являются лишь необходимым, но не достаточным условием образования и дальнейшего развития волнообразного износа при эксплуатации. Достаточным же условием является наличие ряда эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов [7].

На рисунке 1 представлены фрагменты записи волнообразных неровностей на участке пути с эксплуатацией только электропоездов ЭР2.

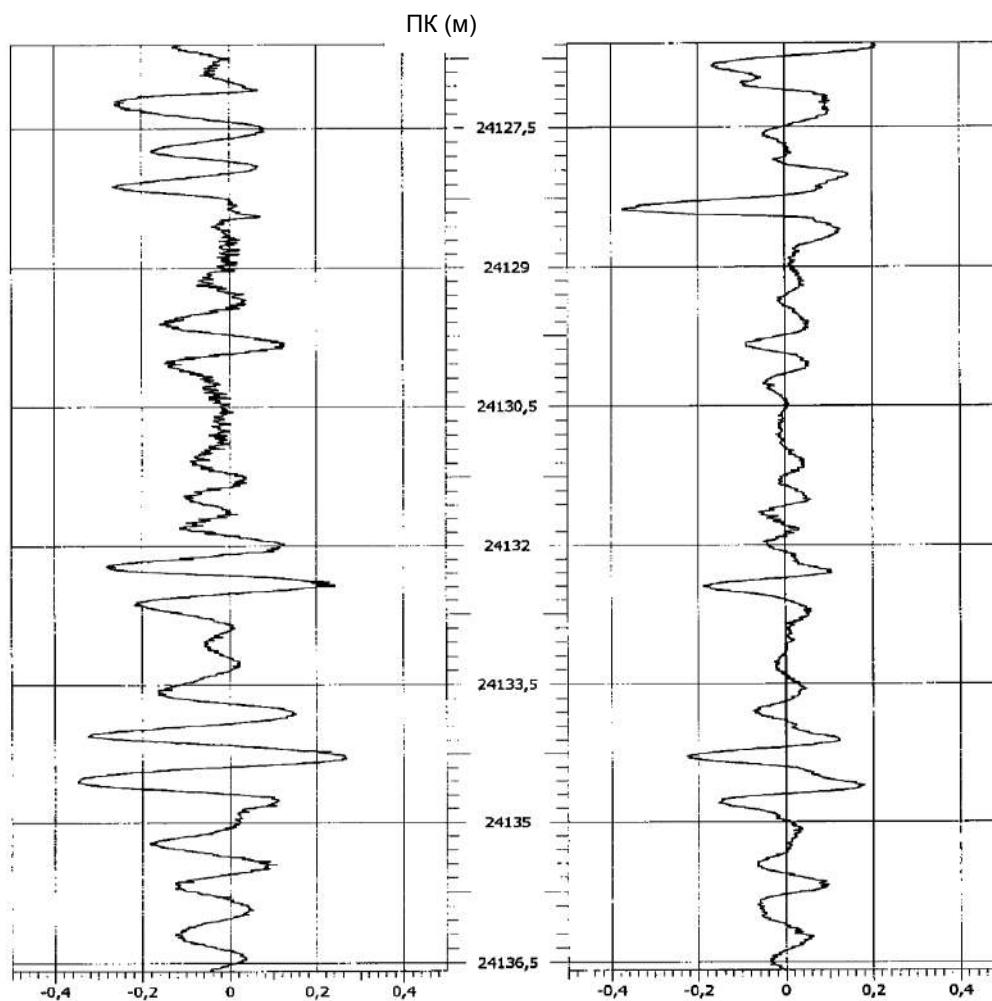


Рисунок 1. Фрагмент записи волнообразных неровностей

При этом двухосные тележки моторных вагонов этих электропоездов имеют базу 2,6 м, а двухосные тележки прицепных вагонов - базу 2,4 м. Для определения связи образовавшихся волнообразных неровностей с параметрами ходовых частей эксплуатируемого подвиж-

ного состава, пути и скоростью движения рассчитаны (таблица 1) собственные частоты вертикальных колебаний двухмассовой динамической модели «ходовые части – путь», состоящей из массы неподрессоренной части и приведённой к ней массы пути.

Таблица 1

Собственные частоты колебаний динамической модели «ходовые части-путь», (Гц)

Мода колебаний	Электропоезд ЭР2 моторный прицепной	
Мода 1	32,3	34,5
Мода 2	197,7	209,1

Мода 1 определяет синфазные колебания неподрессоренных масс и приведённой массы пути на вертикальной жёсткости подрельсового основания. Мода 2 определяет противофазные колебания неподрессоренных масс и приведённой массы пути на жёсткости контактной пружины.

Резонансные скорости движения определяются на основании рассчитанных для моды 1 и моды 2 собственных частот колебаний динамической модели «ходовые части – путь» (таблица 1), известных длин стоячих волн λ_i в рельсе, которые кратны базам тележек моторного и прицепного вагонов (таблица 2), а также эксплуатационного диапазона скоростей на данном участке пути.

Резонансные скорости движения определяются согласно выражению

$$V_{pi} = f_{cn} \cdot \lambda_i, \tag{1}$$

где f_{cn} - собственная частота вертикальных колебаний динамической модели «ходовые части – путь»; $n = 1, 2$ - номер моды колебаний;

λ_i - длина стоячей волны, соответствующая i -ой моде колебаний рельса.

На рисунке 2 представлен полигон скоростей движения электропоездов на исследуемом участке пути, в таблице 3 резонансные скорости движения электропоездов ЭР2, а на рисунке 3 - амплитудный спектр волнообразных неровностей

	БАЗАТЕЛЕЖКИ (м)		БАЗАТЕЛЕЖКИ (м)

Таблица 2

Длины стоячих волн λ_i кратные базам тележек электропоезда ЭР2

№ моды колебаний рельса i	МОТОРНЫЙ ВАГОН ЭР2	ПРИЦЕПНОЙ ВАГОН ЭР2	№ моды колебаний рельса i	МОТОРНЫЙ ВАГОН ЭР2	ПРИЦЕПНОЙ ВАГОН ЭР2
	2,6	2,4		2,6	2,4
ДЛИНА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ λ , (м)		ДЛИНА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ λ , (м)		ДЛИНА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ λ , (м)	
1	2,6	2,4	21	0,123	0,114
2	1,3	1,2	22	0,118	0,109
3	0,866	0,8	23	0,113	0,104
4	0,65	0,6	24	0,108	0,1
5	0,52	0,48	25	0,104	0,096
6	0,433	0,4	26	0,1	0,0923
7	0,371	0,342	27	0,096	0,0888
8	0,325	0,3	28	0,092	0,085
9	0,288	0,266	29	0,089	0,0827
10	0,26	0,24	30	0,086	0,08
11	0,236	0,218	31	0,0838	0,0774
12	0,216	0,2	32	0,0812	0,075
13	0,2	0,184	33	0,0787	0,0727
14	0,185	0,171	34	0,0764	0,0705
15	0,173	0,16	35	0,0742	0,0685
16	0,165	0,15	36	0,0722	0,0666
17	0,152	0,141	37	0,0702	0,0648
18	0,144	0,133	38	0,0684	0,0631
19	0,136	0,126	39	0,0666	0,0615
20	0,13	0,12	40	0,065	0,06

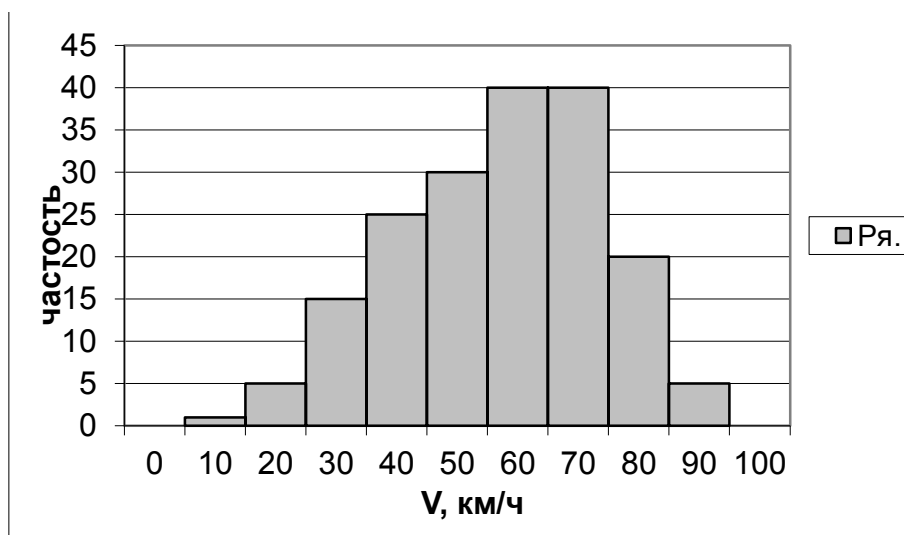


Рисунок 2. Полигон скоростей движения на участке пути с эксплуатацией электропоездов ЭР2

Таблица 3

Резонансные скорости движения электропоезда ЭР2

Резонансные скорости V_{pi} , км/ч (м/с)	Тележка моторного вагона		Тележка прицепного вагона	
	Мода 1 (32,3 Гц)	Мода 2 (197,7 Гц)	Мода 1 (34,5 Гц)	Мода 2 (209,1 Гц)
$V_{p2} = 151$ (42,0)	1,3	0,212	1,2	0,20
$V_{p3} = 100$ (27,7)	0,86	0,140	0,8	0,131
$V_{p4} = 75,5$ (20,9)	0,65	0,104	0,60	0,10
$V_{p5} = 60,4$ (16,7)	0,52	0,084	0,48	0,079
$V_{p6} = 50,3$ (13,9)	0,433	0,070	0,4	0,066
$V_{p7} = 43,1$ (12,0)	0,371	0,060	0,342	0,057
$V_{p8} = 37,8$ (10,4)	0,325	0,053	0,300	0,049
$V_{p9} = 33,6$ (9,33)	0,289	0,047	0,268	0,044
$V_{p10} = 30,2$ (8,4)	0,26	0,042	0,24	0,040
$V_{p11} = 27,4$ (7,6)	0,236	0,038	0,218	0,036
$V_{p12} = 25,1$ (6,97)	0,216	0,035	0,2	0,033
$V_{p13} = 23,2$ (6,46)	0,2	0,032	0,184	0,030
$V_{p14} = 21,5$ (5,97)	0,185	0,030	0,171	0,028
$V_{p15} = 20,1$ (5,58)	0,173	0,028	0,154	0,026
$V_{p16} = 19,1$ (5,32)	0,165	0,027	0,146	0,025
$V_{p17} = 17,7$ (4,9)	0,152	0,025	0,135	0,023
$V_{p18} = 16,7$ (4,65)	0,144	0,023	0,128	0,022
$V_{p19} = 15,8$ (4,39)	0,136	0,022	0,120	0,020
$V_{p20} = 15,1$ (4,2)	0,130	0,021	0,114	0,019
$V_{p21} = 14,3$ (3,97)	0,123	0,020	0,109	0,018

Из анализа амплитудного спектра волнообразных неровностей (рисунок 3) и данных таблицы 2 следует, что неровности с длинами волн 0,65м и 0,6м, а также неровности с длинами волн 0,104м и 0,10м (согласно данным таблицы 3) образовались при многократном проходе по данному участку пути электропоездов с резонансной скоростью 75,5 км/ч (20,9 м/с).

При движении с этой скоростью происходит совпадение собственных частот вертикальных колебаний в динамической системе «ходовые части – путь» по первой и второй модам с частотами прохода смежными колёсами неровностей, длины которых из образующейся суперпозиции стоячих волн в упруго деформированном рельсе соответствуют четвёртой моде. При этом неровности с длинами волн 0,65м и 0,104м образовались при взаимодействии с путём ходовых частей моторных вагонов, а неровности с длинами волн 0,6м и 0,10м – при взаимодействии

с путём ходовых частей прицепных вагонов электропоезда.

Подобный анализ для образовавшихся на поверхности катания рельсов неровностей с длинами волн 0,52м и 0,48м, а также неровностей с длинами волн 0,084м и 0,079м показывает, что эти неровности образовались при многократном проходе на этом участке пути электропоездов с резонансной скоростью 60,4 км/ч (16,7 м/с). При движении с этой скоростью также происходит совпадение собственных частот вертикальных колебаний в динамической системе «ходовые части – путь» по первой и второй модам с частотами прохода смежными колёсами неровностей, длины которых из образующейся суперпозиции стоячих волн в упруго деформированном рельсе соответствуют пятой моде.

Отмеченные на амплитудном спектре неровности с длинами волн 0,433м, 0,371м и 0,325м образовались при

взаимодействии с путём ходовых частей моторных вагонов при резонансных скоростях движения 50,3 км/ч (13,9 м/с), 43,1 км/ч (12,0 м/с) и 37,8 км/ч (10,4 м/с) соответственно. На этих скоростях движения совпадают собственные частоты вертикальных колебаний в динамической системе «ходовые части – путь» по первым модам колебаний с частотами прохода смежными колесами тележки неровностей, длины которых из образующейся суперпозиции стоячих волн в упруго деформированном рельсе со-

ответствуют шестой, седьмой и восьмой модам. Неровности с длинами волн 0,07м, 0,06м и 0,053м (на рисунке 3 не отмечены) при движении с указанными скоростями являются резонирующими стоячими волнами по вторым модам колебаний ходовых частей моторных тележек. Они имеют меньшие амплитуды, сравнительно с амплитудами аналогичных неровностей по четвёртой и пятой модам, которые образовались при движении с более высокими скоростями движения (75,5 км/ч и 60,4 км/ч).

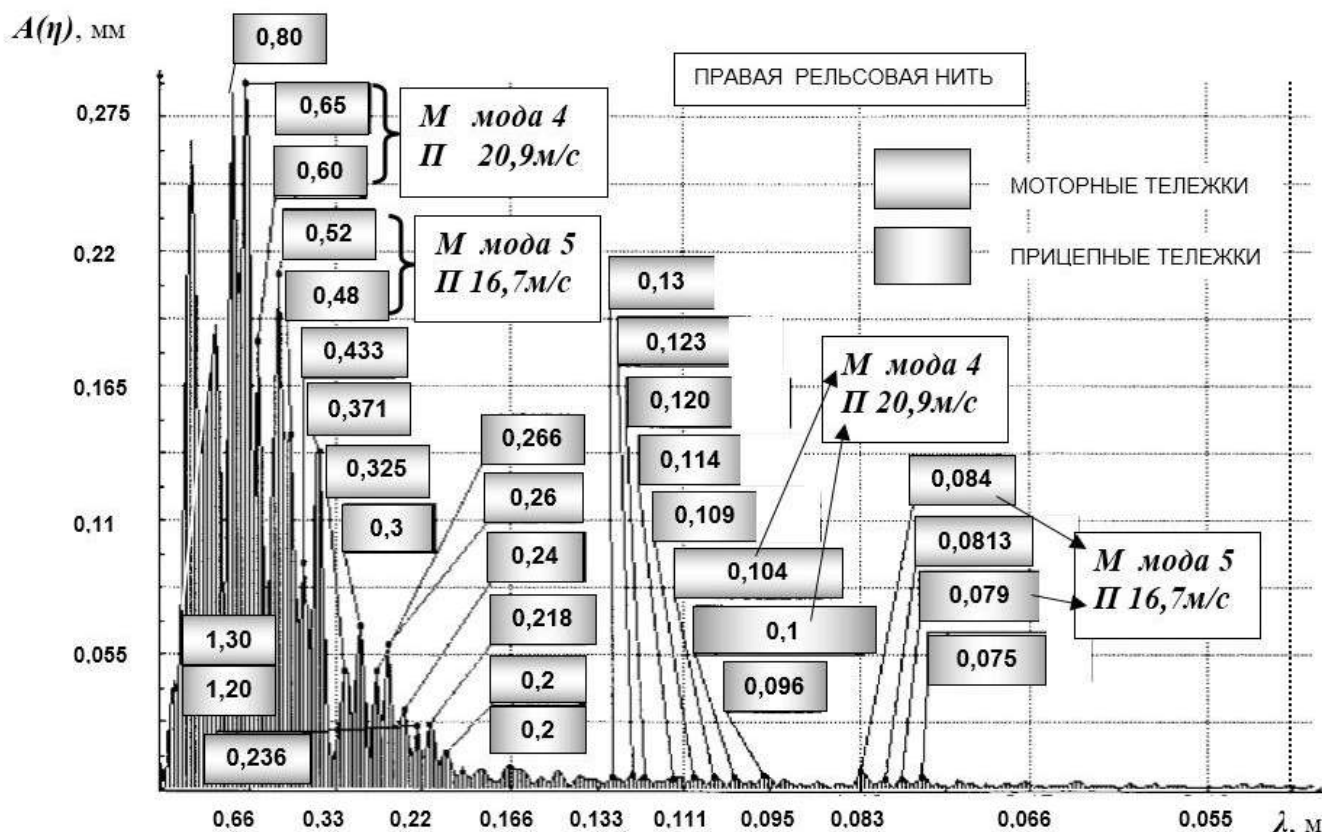


Рисунок 3. Амплитудный спектр волнообразных неровностей

При движении с резонансными скоростями менее 37 км/ч (см. таблицу 4.3) на поверхности катания рельсов образуются только неровности с длинами волн, которые являются резонирующими стоячими волнами по первой моде вертикальных колебаний ходовых частей тележек моторных и прицепных вагонов.

Выполненный анализ для электропоездов ЭР2 показывает, что параметры волнообразных неровностей связаны с динамическими свойствами системы «ходовые части – путь», базой тележек и эксплуатационными скоростями движения на конкретном участке пути.

Список литературы

1. Козырев А.И. От чего зависят короткие непрерывные неровности на рельсах. – «Путь и путевое хозяйство». – 2003 - № 11. – Ст. 11-14
2. Козырев А.И. Истинные причины волнообразных неровностей. – «Путь и путевое хозяйство». – 2003 - № 9. - Ст. 26-27
3. Козырев А.И. Чем измерять волнообразный износ. – «Путь и путевое хозяйство». – 2006 - № 10. – Ст. 10-11
4. Козырев А.И., Карташев Ю.В. Переносные компьютеризированные технические средства для контроля продольного и поперечного профилей рабочей поверхности головки рельсов. // Труды международной научно-практической конференции «Транссибирская магистраль на рубеже XX-XXI веков: Пути повышения эффективности использования перевозочного потенциала». М., 2003. – Ст. IVb-19 ÷ IVb-21
5. Козырев А.И., Алижан А. К вопросу о причинах волнообразных неровностей. – «Мир транспорта». – М., 2009, № 2. – Ст. 8-11
6. Козырев А.И., Алижан А. Методика расчёта напряжённо-деформированного состояния колеса и рельса в зоне контакта. – «Железнодорожный транспорт». - М., 2009, № 12. – Ст. 41-43
7. Козырев А.И. Что способствует образованию волнообразных неровностей. – «Путь и путевое хозяйство». – 2007 - № 10. – Ст. 6-7

АЛГОРИТМ ПОДАВЛЕНИЯ ТУРБОВИНТОВОГО ЭФФЕКТА РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА

Кучерявенко Александр Валерьевич

студент группы РТсо5-1, Южный федеральный университет, г. Таганрог

Федосов В.П.

д.т.н., профессор, Южный федеральный университет, г. Таганрог

SUPPRESSION ALGORITHMS TURBOPROP EFFECT RADAR SIGNAL

Kucheryavenko Alexander, student group RTso5-1 of Southern Federal University, Taganrog

Fedosov Valentin, Doctor of Science, professor of Southern Federal University, Taganrog

АННОТАЦИЯ

В работе показана проблема измерения скорости планерной составляющей цели при наличии турбовинтового эффекта отраженного сигнала в импульсно-доплеровской РЛС, предложена модель турбовинтовой составляющей сигнала и описан алгоритм его подавления.

ABSTRACT

The article illustrates the problem of measuring the speed glider component targets in the presence of a turboprop effect of the reflected signal in a pulse-Doppler radar, proposed a model turboprop signal component and an algorithm for its suppression.

Ключевые слова: спектр; радиолокационная станция, эхосигнал, турбовинтовой эффект, планерная составляющая.

Keywords: spectrum; radar; echo signal; turboprop effect; gliding component.

При обработке эхосигналов в радиолокационных системах, динамика отражений от поверхности аэродинамических объектов, возникающая за счет рассеяния от вращающихся элементов конструкции с турбореактивными и турбовинтовыми двигателями, проявляется в спектре отраженного сигнала. Проявление турбовинтового эффекта выражается присутствием в спектре эхосигнала, наряду с планерной составляющей, дополнительных спектральных составляющих, называемых турбинными составляющими [1].

Наряду с полезной информацией, содержащейся в этих турбинных составляющих и помогающей определить

тип аэродинамического объекта и режим работы его двигателя, эти турбинные составляющие могут быть ошибочно восприняты как планерные составляющие этого или другого аэродинамического объекта.

Важным признаком, который отличает планерную составляющую от турбинных, является ее амплитуда, но на практике встречаются ситуации, когда амплитуда планерной составляющей оказывается соизмерима или ниже амплитуды турбинных спектральных составляющих. В этом случае задача обнаружения и идентификации аэродинамического объекта оказывается затрудненной.

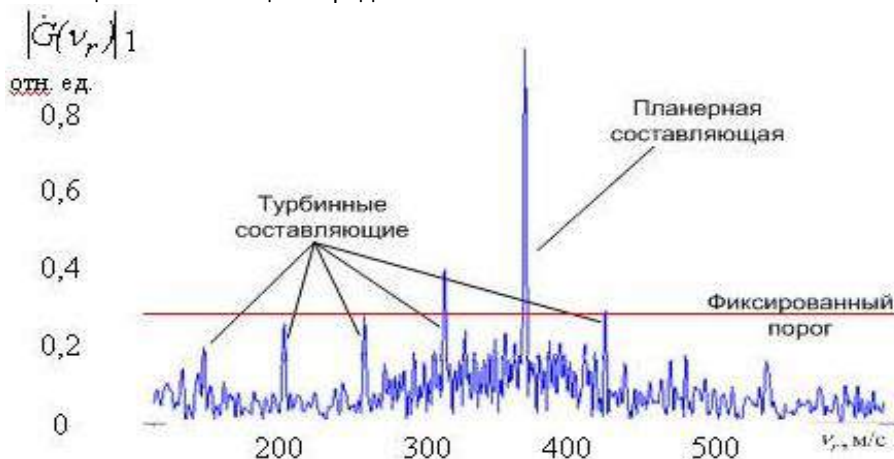


Рисунок 1. Амплитудно-скоростной спектр цели

На рисунке 1 [1] показан амплитудно-скоростной спектр цели в ситуации, когда вращающиеся элементы облучаются зондирующим сигналом. Из рисунка видно, что наряду с планерной составляющей, доплеровская частота которой соответствует скорости 380 м/с, в спектре появились дополнительные составляющие, соответствующие скоростям 215 м/с, 275 м/с, 322 м/с и 438 м/с. В параметрах турбинных составляющих содержится информация, необходимая для решения задач распознавания типа цели, режимов работы ее двигателя и т. д., но именно эти

спектральные составляющие могут быть ошибочно восприняты как планерные составляющие этой или другой цели. На рисунке 1 [1] единственным признаком, который отличает планерную составляющую от турбинных, является ее амплитуда, но на практике встречаются ситуации, когда амплитуда планерной составляющей оказывается соизмерима или ниже амплитуды спектральных составляющих турбовинтового эффекта. В этом случае селекция оказывается невозможной [1].

Ситуация еще более усугубляется, если РЛС сопровождает две и более цели, находящихся на небольших

удалениях друг от друга. Планерная составляющая второй цели может быть соизмерима по интенсивности со спектральными составляющими турбовинтового эффекта первой цели и схожа с ними по структуре. Это затрудняет обнаружение второй цели, так как она может быть воспринята как составляющая турбовинтового эффекта первой цели.

Представляется целесообразным разработать алгоритм подавления турбинного эффекта радиолокационного сигнала в импульсно-доплеровской радиолокационной станции.

Такой алгоритм в импульсно-доплеровской РЛС может основываться на различии доплеровского приращении частоты для планерной составляющей спектра эхосигнала и частоты модуляции, обусловленной турбинным эффектом, а также анализа изменения во времени амплитуды и полной мгновенной фазы для этих составляющих спектра.

Сравнение доплеровского приращения частоты для планерной составляющей спектра и частоты модуляции, обусловленной турбинным эффектом, показывает их существенное различие, поэтому изменение во времени амплитуды и полной мгновенной фазы для турбинного эффекта существенно медленнее, чем изменение этих же характеристик для планерной составляющей спектра огибающей эхосигнала. При этом слагаемое полной мгновенной фазы для планерной составляющей изменяется во времени по линейному закону, а слагаемое, соответствующее турбинному эффекту - по закону, близкому к гармоническому, что выражается в появлении боковых составляющих в спектре эхосигнала (см. рисунок 1) [2].

Аналогично, в изменении огибающей имеется постоянная составляющая A_0 , неизменная в процессе формирования отражений от планера цели и составляющая $A_T(t)$ с законом изменения во времени, близком к закону изменения составляющей $\varphi_T(t)$ полной мгновенной фазы, обусловленной турбинным эффектом [3]. В таком случае модель реальной части комплексной огибающей эхосигнала может быть описана следующей формулой

$$A_s(t) = [A_0 + A_T(t)] \cos[\Omega_{pl}t + \varphi_T(t)], \quad (1)$$

где Ω_{pl} - планерная составляющая доплеровского эффекта.

На основании таких выводов можно предложить следующий алгоритм снижения влияния турбовинтового эффекта, состоящий из следующих операций:

1. определение зависимости модуля комплексной огибающей и ее аргумента во времени в пределах отсчетов пачки отраженных сигналов после применения согласованной фильтрации по дальности;
 2. сглаживание аргумента комплексной огибающей вдоль оси времен для каждого элемента дальности, при этом необходимо использовать сглаживание не выше 20 порядка;
 3. использование отсчетов аргумента для сглаженной функции при восстановлении комплексной огибающей после устранения турбинного эффекта в зависимости аргумента во времени. Изменения аргумента, вызванные турбовинтовым эффектом, будут устранены;
 4. аналогично произвести сглаживание модуля огибающей во времени и использовать результаты сглаживания для восстановления модуля дискретные значения сглаженной функции во времени для каждого элемента разрешения по дальности;
 5. выполнить быстрое преобразование Фурье для каждого элемента дальности по столбцам.
 6. отобразить дальностно-частотный портрет цели после компенсации турбинного эффекта.
- Данный алгоритм требует проверки в моделировании задачи подавления турбовинтового эффекта для простой модели эхосигнала.

Список литературы

1. Фомин А.В. Разрешение радиолокационных целей, находящихся в одном импульсном объеме РЛС с МИП, при обработке отраженных сигналов в частотной области в условиях воздействия турбовинтового эффекта // Труды шестой Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем», Ульяновск, 2008.
2. Евдокимова Е.О., Федосов В.П. Оценка параметров движения мобильных объектов на основании анализа частотно-временных распределений эхосигналов // Телекоммуникации, 2014, № 11. - С. 25-29.
3. Кучерявенко А.В., Федосов В.П. Радар для МИМО-систем // сборник трудов XII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАиУ-2014)» - Издательство ЮФУ, Таганрог, - 192 с.

АБОНЕНТСКАЯ НАГРУЗКА ТЕЛЕФОННОЙ СТАНЦИИ

Кучерявенко Светлана Валентиновна

к.т.н., доцент, Южный федеральный университет, г. Таганрог

Федосов Валентин Петрович

д.т.н., профессор, Южный федеральный университет, г. Таганрог

Альшанский Антон Сергеевич

студент группы РТсо5-7, Южный федеральный университет, г. Таганрог

SUBSCRIBER TRAFFIC TELEPHONE EXCHANGE

Kucheryavenko Svetlana, Candidate of Science, assistant professor of Southern Federal University, Taganrog

Fedosov Valentin, Doctor of Science, professor of Southern Federal University, Taganrog

Alshansky Anton, student group RTso5-7 of Southern Federal University, Taganrog

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается увеличение нагрузки на телефонную станцию в зависимости от категории абонентской линии. Полученные зависимости рекомендуется учитывать при расчете числа портов соединительных линий на встречные станции.

ABSTRACT

The article discusses the increased burden on the telephone exchange, depending on the category of the subscriber line. The obtained dependence is recommended to take into account when calculating the number of trunk ports on the counter station.

Ключевые слова: телефонная станция; источник абонентской нагрузки; категория абонента; интенсивность нагрузки.

Keywords: telephone exchange; source of subscriber traffic; categories of subscribers; traffic intensity.

Обеспечение телефонной связью является одной из основных задач по организации работы предприятий, офисов, гостиных, медицинских центров, образовательных учреждений и других структур малого и среднего бизнеса.

Задача выбора модели и состава оборудования современной цифровой автоматической телефонной станцией (АТС) является актуальной при телефонизации вышеперечисленных объектов. Предварительным условием при этом является решение задачи определения оптимального количества портов абонентских линий (АЛ) и портов соединительных линий (СЛ), позволяющее поддерживать требуемое качество обслуживания абонентов при минимальной вероятности потери звонка.

Выбор числа портов абонентских и соединительных линий на участках местных телефонных сетей должен производиться согласно расчетам для каждого типа оборудования с учетом максимально допустимых потерь и величин телефонных нагрузок [1, с. 19].

Для расчета интенсивности нагрузок, поступающих от абонентов, необходимо знать структурный состав абонентов проектируемой автоматической телефонной станции, то есть число источников нагрузки разных категорий, среднюю длительность разговора и среднее число занятий от источников (абонентов) каждой категории.

Категории источников нагрузки отличаются интенсивностями удельных абонентских нагрузок. Наиболее востребованными категориями абонентских линий являются: абонентская линия индивидуального пользования (квартирная) – категория КИ (квартирный индивидуальный), абонентская линия народнохозяйственного сектора «делового» района города (офисная) – категория НХ (народнохозяйственный), абонентская линия для абонента цифровой сети с интеграцией служб (ISDN Integrated Services Digital Network), использующего базовый вид доступа 2В+D – категория ЦСИС (цифровая сеть с интеграцией служб). К абонентским портам цифровой сети с интеграцией служб можно отнести порты для цифровых и гибридных системных телефонных аппаратов, так как эти

терминальные установки предоставляют своим пользователям весь объем сервисных услуг цифровой сети с интеграцией служб.

Для выбора часа наибольшей нагрузки нужно выбрать время суток с максимальной интенсивностью поступающих вызовов. Это время суток может быть разным для различных категорий источников нагрузки. Так, для абонентской линии индивидуального пользования это вечерний час наибольшей нагрузки (ЧНН), для абонентской линии народнохозяйственного сектора – утренний ЧНН, для абонентской линии цифровой сети – утренний ЧНН.

На предварительном этапе расчета необходимо задать число абонентских портов рассматриваемых категорий: $N_{ки}$ – число портов категории индивидуального пользования, $N_{нх}$ – число портов категории народнохозяйственного сектора, $N_{цсис}$ – число портов для линий абонентов цифровой сети с интеграцией служб. Требуемое число портов задается заказчиком в техническом задании на проектирование станции.

Средняя интенсивность абонентской нагрузки (Y_i) на одного индивидуального абонента в зависимости от i -ой категории в час наибольшей нагрузки рассчитывается согласно

$$Y_i = t_i \cdot C_i, \quad (1)$$

где: t_i – средняя продолжительность занятия одной абонентской линии, C_i – среднее количество вызовов в ЧНН на одну абонентскую линию.

Средняя интенсивность нагрузки соответствует значениям для абонентов индивидуального пользования $Y_{ки}=0,03$ Эрл, для абонентов народно-хозяйственного сектора $Y_{нх}=0,07$ Эрл [1, с. 20]. Вышеуказанным категориям при шестизначном плане нумерации при средней продолжительности занятия $t_{ки}=98$ сек=0,027 час, $t_{нх}=63$ сек=0,018 час соответствует следующее число вызовов: $C_{ки}=1,1$, $C_{нх}=4,0$ [1, с. 21]. Исходя из рассмотренных требований к категории и часу наибольшей нагрузки, для дальнейших расчетов необходимо использовать следующие параметры средней исходящей нагрузки для абонентов (таблица 1).

Таблица 1

Средняя исходящая нагрузка для абонентов

Категория источника нагрузки	Среднее количество вызовов в ЧНН на одну АЛ	Средняя продолжительность занятия АЛ, с	Средняя интенсивность исходящей нагрузки на одну АЛ в ЧНН, Эрл	Время суток, используемое для расчета нагрузки
Индивидуальное пользование (квартирная)	1,1	98	0,030	вечерн. ЧНН
Народнохозяйственный сектор «делового» района города	4,0	63	0,070	утренн. ЧНН
абонент цифровой сети ISDN базового доступа	-	-	0,25	утренн. ЧНН

Интенсивность поступающей нагрузки на телефонную станцию определяется как сумма интенсивностей нагрузок от различных категорий абонентов:

$$A_{\Pi} = \sum_{i=1}^M N_i \cdot Y_i, \tag{2}$$

где: A_{Π} – общий возникающий трафик станции, M – общее число абонентов, N_i – число абонентов соответствующей i -й категории, Y_i – средняя интенсивность абонентской нагрузки соответствующей i -й категории.

Для станций с одним и тем же количеством портов, но применяющихся как оконечные станции местной сети связи для абонентов разных категорий, интенсивность нагрузки, поступающей от абонентов, будет разной.

Согласно требованию Министерства связи РФ, предписывающему предприятиям связи при выборе коммутационного оборудования отдавать предпочтение отечественному телекоммуникационному оборудованию [2, с. 1], рассмотрим формирование поступающей нагрузки

на станцию на примере цифровой автоматической телефонной станции (АТС) российского производителя.

Рассмотрим станцию малой емкости с коммутатором на 16 групповых трактов (ГТ) передачи многоканальных цифровых сигналов электросвязи со скоростью 2048 кбит/с. Станция имеет модульную структуру. В зависимости от выбранной структуры, порты станции могут быть как абонентскими, так и соединительными линиями. Максимальная емкость станции с коммутатором на 16ГТ составляет 360 цифровых каналов [3].

Станция, имеющая в своей модульной структуре блоки абонентских комплектов (БАК), согласно рисунку 1, может использоваться абонентами индивидуального квартирного сектора в спальнях районах города. Эта станция имеет 135 абонентских портов. Интенсивность поступающей нагрузки на станцию составляет 4,05 Эрл:

$$A_{\Pi} = N_{ки} \cdot Y_{ки} = 135 \cdot 0,03 = 4,05 \text{ Эрл} \tag{3}$$

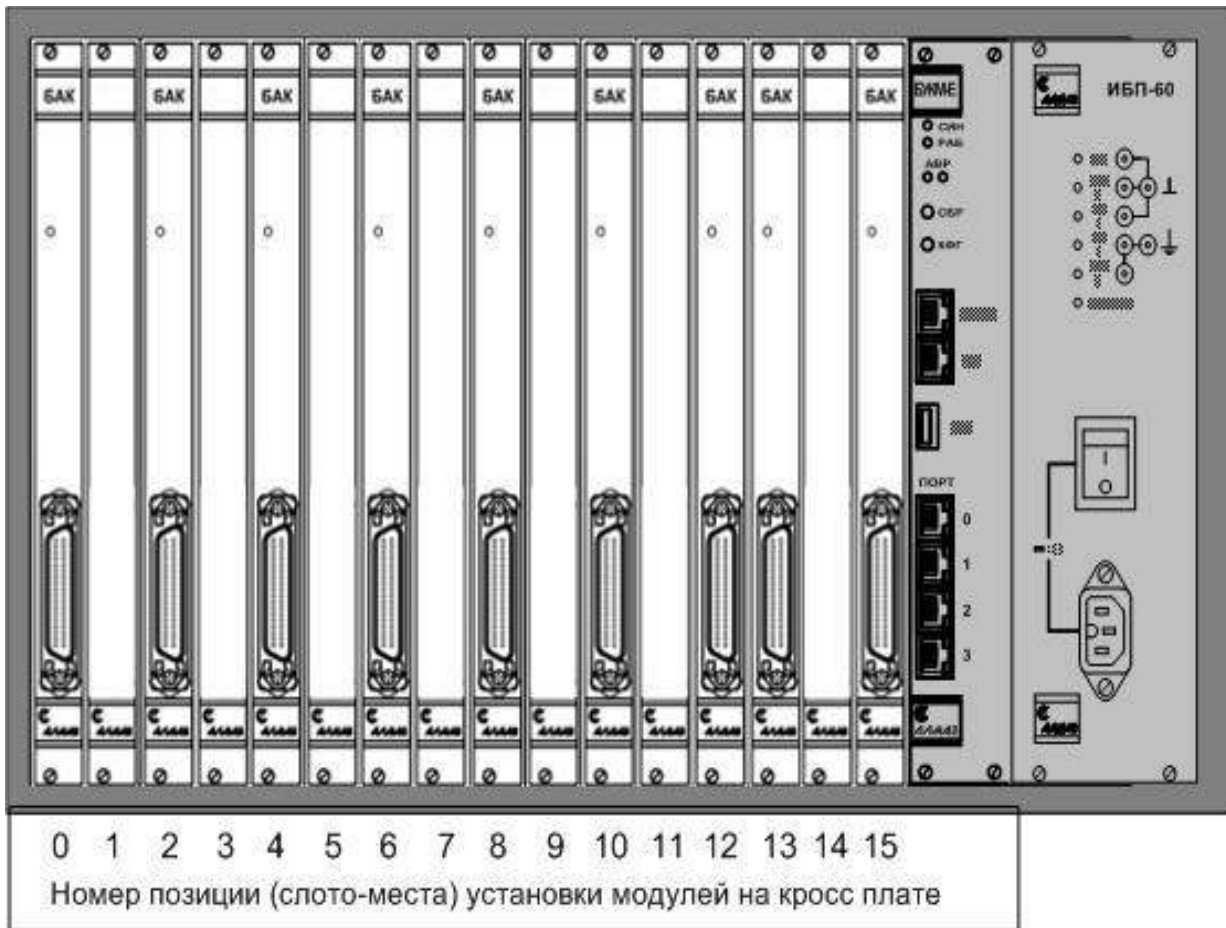


Рисунок 1. Структурный состав станции с коммутатором на 16 ГТ для квартирного сектора

Для станции делового сектора, ограничимся общим количеством портов тем же самым, что в предыдущем случае, то есть 135 портов (рисунок 2). Все порты этой станции используются под цифровые системные телефонные аппараты, востребованные в офисах.

В этом случае, интенсивность поступающей нагрузки на станцию составляет 9,45 Эрл:

$$A_{\Pi} = N_{НХ} \cdot Y_{НХ} = 135 \cdot 0,07 = 9,45 \text{ Эрл} \tag{4}$$

В случае станции делового сектора нагрузка на станцию возрастает более чем в два раза по сравнению с нагрузкой от квартирного сектора.

Такое увеличение нагрузки на станцию, при одинаковом количестве портов, следует учитывать при расчете числа портов соединительных линий на встречные станции и отдавать предпочтение использованию цифровых соединительных линий многоканальных цифровых сигналов электросвязи.

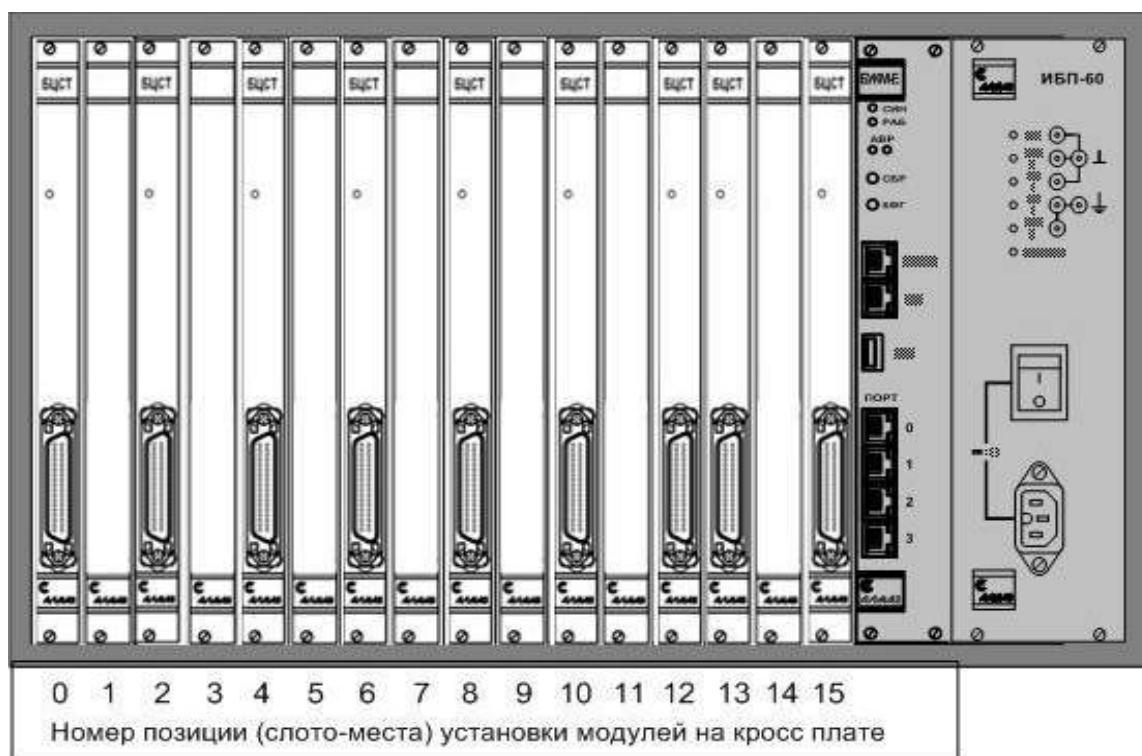


Рисунок 2. Структурный состав станции с коммутатором на 16 ГТ для делового сектора

Список литературы

1. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. РД 45.120-2000 НТП 112-2000 разработан ЛОНИИС, ОАО «Гипросвязь СПб», введен в действие информационным письмом Министерства РФ по связи и информатизации от 26.10.2000г. №6906. – 98 с.
2. Приказ Министерства связи Российской Федерации №8 от 14 января 1997г. «О мерах по защите интересов российских производителей телекоммуникационного оборудования». – 2 с.
3. Федосов В.П., Кучерявенко С.В., Альшанский А.С. Интенсивность поступающей нагрузки на телефонную станцию // Ежемесячный научный журнал «Евразийский союз ученых (ЕСУ)», №6, 2014, часть 3, - ЕСУ, г. Москва, 71-73 с.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ КРУПНОСТЬ – ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИ ВЫБОРЕ СООРУЖЕНИЙ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ

Курилина Татьяна Александровна

кандидат техн. наук, доцент, Сибирский Федеральный университет

Пазенко Татьяна Яковлевна

кандидат техн. наук, доцент, Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

HYDRAULIC SIZE – THE MAIN CHARACTERISTIC WHEN SELECTING PLANTS WATER CLARIFICATION

Kurilin Tatiana, Candidate of Science, assistant professor of Siberian Federal University

Pazenko Tatiana, Candidate of Science, assistant professor of Siberian Federal University, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

Экспериментальное определение скорости гравитационного осаждения твердых частиц в карьерной воде и определение зависимости коэффициента сопротивления от скорости осаждения.

ABSTRACT

Experimental determination of the rate of gravitational settling of particulate matter in the water and a career defining the dependence of the resistance on the deposition rate.

Ключевые слова: гравитационное осаждение, карьерные воды, гидравлическая крупность.

Keywords: gravity settling, dump the water, hydraulic size.

Концентрация взвешенных веществ напрямую зависит от скорости осаждения частиц – гидравлической крупности, чем выше скорость осаждения, тем меньше концентрация взвешенных веществ после прохождения

очистных сооружений [1]. Задавая определенное значение эффективности, рассчитываются необходимые параметры отстойника. В настоящее время расчеты произво-

дятся с достаточно большим запасом из-за не совершенности определения гидравлической крупности, поэтому закладываются увеличенные размеры резервуаров отстойников, что значительно повышает их стоимость, поэтому необходимо добиться того, чтобы при минимальных затратах производство получило наибольшую эффективность отстаивания. Одним из возможных решений данной проблемы является наиболее точное определение гидравлической крупности.

Основным уравнением скорости осаждения (гидравлической крупности) взвешенных частиц в воде является формула Стокса [1,2].

$$u = \frac{d_0^2(\rho_ч - \rho_в)g}{18\mu}$$

где μ – вязкость воды; d_0 – диаметр твердых частиц; $\rho_ч$ – плотность твердой частицы; $\rho_в$ – плотность жидкости (воды); g – скорость свободного падения.

Закон Стокса определяет величину силы сопротивления, которую испытывает частица при своем падении в жидкости. Этот закон, как показывает опыт, справедлив для частиц очень малого размера, осаждающихся с малой скоростью (ламинарный режим), когда на сопротивление движению оказывают силы вязкости. С увеличением размера и скорости частиц линейный закон нарушается. Это вызывается возникновением турбулентности при обтекании движущейся частицы жидкостью, когда помимо вязкости на движение частицы начинают оказывать влияние инерционные силы.

Более точное определение гидравлической крупности можно добиться опытным путем, т.е. определение

гидравлической крупности частиц расчетом дает весьма условные результаты, более достоверное значение гидравлической крупности может быть получено только экспериментально. Сложность лишь состоит в том, что, во-первых, процесс отстаивания происходит в полидисперсной неустойчивой системе, во-вторых, загрязнения имеют различный размер и форму, в-третьих, при отстаивании частицы могут коагулироваться, образуя новые частицы другой формы, размера, плотности. Все эти факторы достаточно весомо влияют на скорость осаждения частиц, поэтому проводят ряд лабораторных экспериментов для воды, содержащей частицы с различными параметрами и устанавливают кинетику осаждения.

Цель проведенных исследований – экспериментальное определение скорости гравитационного осаждения твердых частиц в карьерной воде; сравнение экспериментальных и теоретических величин скорости осаждения; определение зависимости коэффициента сопротивления от скорости осаждения.

Работа проводилась на кафедре «ИСЗиС» ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета Инженерно-строительного института. Была исследована карьерная вода, которая собирается в зумпф, где происходит предварительное отстаивание. Каждый зумпф оборудован насосными установками для подачи отстоянной карьерной воды насосами на борт карьера, затем вода поступает на очистную станцию с последующим отводом в реку.

Для выбора схемы очистки карьерных сточных вод необходимо было определить скорости гравитационного осаждения. В ходе экспериментальных исследований были получены следующие характеристики осаждения взвешенных веществ (рис. 1).

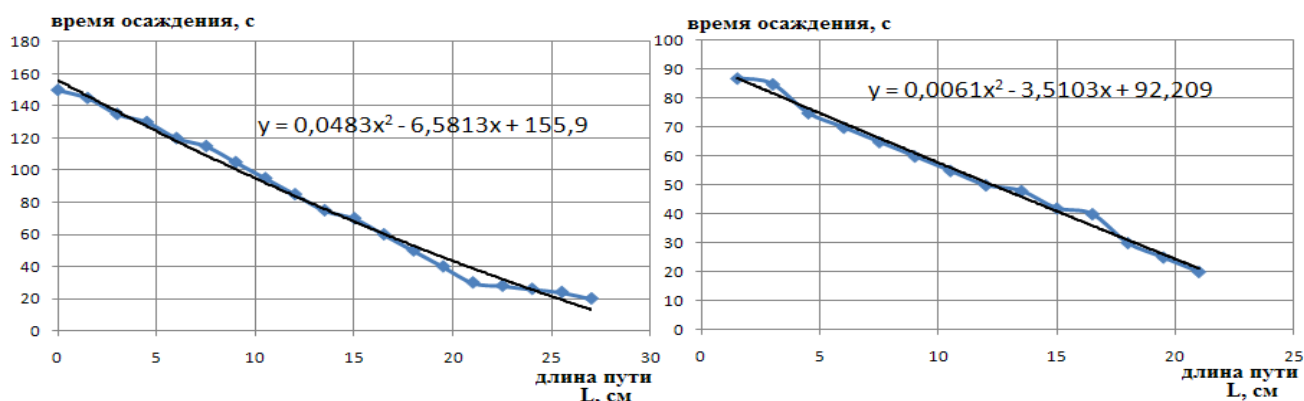


Рис. 1. Кинетика осаждения различных частиц в карьерной воде

Рассчитываем теоретическую скорость осаждения. Теоретическое значение скорости осаждения частицы рассчитывается в следующем порядке:

1. Определяется значение критерия Архимеда данной системы:

$$Ar = \frac{d_0^3 g \rho_в^2}{\mu_в^2} \cdot \frac{(\rho_ч - \rho_в)}{\rho_в}$$

$$Ar = 30,46$$

2. Определяем теоретическое значение критерия Рейнольдса (Re) в процессе осаждения: при $Ar \leq 36$

$$\frac{Ar}{18} = 1,69$$

$$Re = 18$$

3. Определяем теоретическую скорость осаждения частицы:

$$u = \frac{Re \cdot \mu}{d_0 \cdot \rho_в}$$

$$u = 0,67 \text{ см/с}$$

По формуле Стокса получаем:

$$u = 0,68 \text{ см/с}$$

Если частица имеет сферическую форму, то скорость ее гравитационного осаждения может определяться следующей формулой [3]:

$$u = \sqrt{\frac{4d_0 g \rho_в (\rho_ч - \rho_в)}{3\zeta \rho_в}}$$

Для этого определяем коэффициент сопротивления:

$$\zeta = \frac{4 d_0 g}{3 u_0^2} \frac{\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = 9,64$$

и подставляем в формулу:

$$u = 0,82 \text{ см/с}$$

Учитывая данные параметры, подбирается отстойник, способный очистить воду до требуемого уровня содержания взвешенных веществ. Впоследствии, если отстойник будет не справляться с объемом взвешенных частиц, находящихся в воде, можно будет рекомендовать использовать дополнительно различные фильтры или коагулянты.

В качестве коагулянтов были предложены следующие: Аква Аурат 30, с массовой долей оксида алюминия (Al_2O_3) 30%+3,0; Бриллиант[®]-50, с массовой долей алюминия (Al_2O_3) 50% и гидроксохлоросульфат алюминия с массовой долей алюминия (Al_2O_3) 7,5-15,0%. Дозы коагулянта всех марок брали: 5 – 15 мг/дм³. В результате эксперимента получались мелкодиспергированные хлопья, хлопья

образовывались медленно, эффект осветления не значителен, что обусловлено содержанием в исходной воде малого количества мелкой взвеси, поэтому для ее удаления необходимо дополнительно предусматривать применение фильтрующих установок.

На основе проведенных исследований и расчетов выбирается наиболее экономически выгодные сооружения, и подбираются оптимальные их размеры.

Литература

1. Яковлев С.В., Калицун В.И. Механическая очистка сточных вод. М.: Издательство Строительство, 1972, 230 с.
2. Фрог Б.Н., А.П. Левченко Водоподготовка М.: Издательство МГУ, 680 с.
3. Хачатрян А.Г. Отстойники на оросительных системах М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1995, 150 с.
4. Бабенко А.П. Стрелец И.В. Гидравлическая крупность – основная характеристика при расчете отстойников Интернет-журнал Строительство уникальных зданий и сооружений, стр. 34-41, 2013 № 6 (11).

ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ РУДЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ РАБОЧЕГО УЗЛА

Кусаиынов Каппас

доктор технических наук, профессор, Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова,
г. Караганда

Нусупбеков Бекболат Рахисевич

кандидат технических наук, профессор, Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова,
г. Караганда

Шуюшбаева Нургуль Найзабековна

докторант 3-года обучения, Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова, г. Караганда

Шаймерденова Кулжан Мейрамовна

кандидат технических наук, доцент, Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова,
г. Караганда

Саденова Камшат Кыдыргелдиевна

магистр физики, старший преподаватель, Карагандинский государственный университет имени Е.А.Букетова,
г. Караганда

ELECTROHYDROPULSE WAY FOR GRINDING WOLLASTONITE ORE FOR THE CREATION OF OF INSULATORS THE WORKING NODE

Kussayinov Kappas, Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda State University named E.A.Buketov, Karaganda
Nussupbekov Bekbolat Rahishevich, Ph.D., Professor, Karaganda State University named E.A.Buketov, Karaganda
Shuyushbayeva Nurgul Nayzabekovna, 3-year doctoral training, Karaganda State University named E.A.Buketov, Karaganda
Shaimerdenova Kulzhan Meyramovna, Ph.D., Associate Professor, Karaganda State University named E.A.Buketov, Karaganda
Sadenova Kamshat Kydyrgeldievna, Master of Physics, Senior Lecturer, Karaganda State University named E.A.Buketov, Karaganda

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается измельчения волластонитовой руды электрогидроимпульсным способом. Определены степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка, от емкости конденсаторной батареи, получены зависимости степени измельчения волластонита от удельной энергии разряда и частоты следования импульсов. В работе приведены результаты испытания по улучшению качества белого пигмента при использовании керамического порошка волластонитового типа по укрывистости и белизне.

Ключевые слова: электрогидроимпульсный способ, волластонит, степень разрушения, керамический порошок.

ABSTRACT

The article deals electrohydropulse way of grinding wollastonite ore. Are defined the degree of the destruction of wollastonite fractions of the length of the discharge gap, the capacity of the capacitor bank, depending on the degree of

crushing obtained from wollastonite specific energy level and pulse repetition rate. The paper presents test results to improve the quality of white pigment using ceramic powder wollastonite type for opacity and whiteness.

Key words: electrohydropulse way, wollastonite, the degree of destruction, the ceramic powder.

Разработка новых наукоемких технологий производства ряда важных в практическом отношении минералов и материалов - подлинная революция в минералогии и материаловедении. К подобным минералам относится волластонит, который интенсивно внедряется в ведущие отрасли промышленности. Британское общество по изучению керамики заявило, что «если появится дешевый синтетический волластонит, то в ближайшем будущем наступит “эпоха волластонита” [1].

В последние годы интерес промышленности к волластониту особенно повысился, что связано с его необычайными свойствами. Большие добавки этого сырья увеличивают прочность различных материалов примерно в 100 раз. Наполненное волластонитом стекло делается пуленепробиваемым, кафель с примесью этого минерала не бьется и требует меньше времени на обжиг. Это один из перспективных видов минерального сырья для изготовления электро- и теплоизоляторов с чрезвычайно низкими диэлектрическими потерями, специальной радиокерамики, облицовочных кирпичей. Он является основой для производства прочных пластмасс и суперогнеупоров, специальных видов цемента, белил, красок, лаков, глазурей и эмалей повышенной прочности и водостойкости (корабельная эмаль), белой минеральной ваты, поглотителей, специальных фильтров, удобрений и т. д.

Разведанные месторождения волластонита – Босагинское, Аксоранское, Алайгырское находятся в пространственной близости от Кумолинских месторождений роду сита, вблизи к железнодорожной линии Жезказган – Балхаш – Алматы. Подсчитанные запасы волластонита 153 млн. тонн, что в сотни раз превышает запасы месторождений США. Содержание волластонита в руде достигает 55–60%. Волластонит – CaSiO_3 обладает высокой белизной, достигающей 99,5%. Стоимость 1 тонны волластонита оценивается в 30 тыс. долларов (в новых ценах) [2].

Руды волластонита Босагинского и Алайгырского месторождения хорошо обогащаются по комбинированной магнитно-флотационной схеме и сухой электрической сепарацией с коэффициентами извлечения по первой схеме 77,5% (выход 50,0%), по второй – 68,6% при выходе 49%. Полученные концентраты соответствуют сорту ВК-2 и могут быть использованы во всех видах названных выше изделий.

Для Республики Казахстан, представляется целесообразным продолжить исследования по применению волластонита в названных и других новых отраслях и целесообразно вести одновременно с разработкой технологии производства сверхтонких материалов. При этом следует иметь в виду необходимость получения для ряда областей применения (производство красок, пластмасс, тонкой керамики, бумаги и так далее) очень чистых по содержанию красящих окислов (FeO , Fe_2O_3 , MnO) продуктов, без загрязнения их железом.

Переработка большинства добываемой горной массы означает дробление и измельчение ее как подготовительного процесса к непосредственному обогащению. Указанные процессы являются весьма дорогостоящими операциями и достигают 50%, а в некоторых случаях 70%

всех затрат на обогатительных фабриках. Большое значение для последующих технологических операций имеет качество дробления и измельчения, предполагающее получение продукта заданной крупности без переизмельчения с максимальным освобождением зерен полезных минералов от пустой породы при минимальной их повреждаемости. Требования увеличения количества перерабатываемых горных пород и руд при улучшении качественных показателей переработки (повышение степени извлечения) ставят весьма актуальные задачи, направленные на рационализацию и удешевление процессов дробления и измельчения.

Для оптимального решения перечисленных проблем, связанных с дроблением и измельчением волластонитовой руды, в лаборатории Гидродинамики и теплообмена кафедры инженерной теплофизики им. профессора Акылбаева Ж.С. Карагандинского государственного университета им. Е.А.Букетова была разработана и собрана рабочая часть электрогидроимпульсной установки. При прохождении мощного импульса в жидкостной среде, представляющей собой смоченную руду, создается электрический пробой, сопровождающийся гидравлическим ударом большой разрушительной силы [3,4].

В ходе проведения экспериментальных работ разработаны принципиальные схемы электрогидроимпульсной установки и методика избирательного разрушения волластонитовой руды и искусственных наполнителей. Определены степени разрушения фракций волластонита от длины разрядного промежутка, от емкости конденсаторной батареи, получены зависимости степени измельчения волластонита от удельной энергии разряда и частоты следования импульсов.

Опыты проводились при различных значениях емкости конденсаторной батареи (0,3 мкФ, 0,5 мкФ и 1 мкФ), энергии разряда на коммутирующем устройстве, менялась также частота следования импульсов ЭГЭ. Подводимое значение напряжения на коммутирующее устройство регулировали от 10 до 40 кВ, а количество импульсов варьировалось в диапазоне от 22 до 88 разрядов в минуту.

Из рисунка 1 можно сделать вывод о том, что при увеличении межэлектродного расстояния частицы меньшим диаметром дробятся интенсивнее и наблюдается общая закономерность электрогидравлического эффекта. Самым оптимальным значением емкости конденсаторной батареи является 0,5 мкФ и диаметр фракций, подвергающийся наиболее интенсивному разрушению равен $d_{\text{фр}} = 5$ мм.

На рисунке 2 получены зависимости дробления руды при различных значениях емкости конденсаторной батареи для исходной фракции $d_{\text{фр}} = 1$ мм. Влияние значения емкости конденсаторной батареи на дробление волластонитовой руды исследовалось при постоянстве других параметров установки. Были получены зависимости степени измельчения руды от электрических и геометрических параметров установки, где K – доля фракций от общего объема, U – напряжение, l_p – длина разрядного промежутка на коммутирующем устройстве.

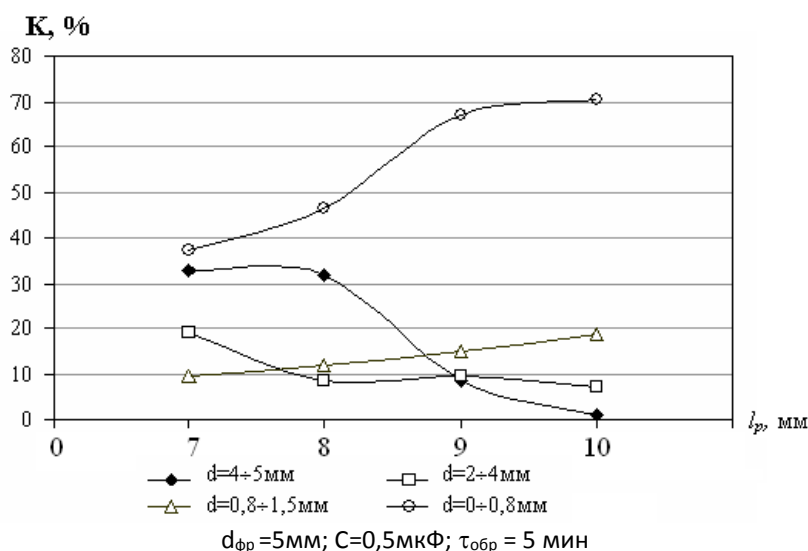
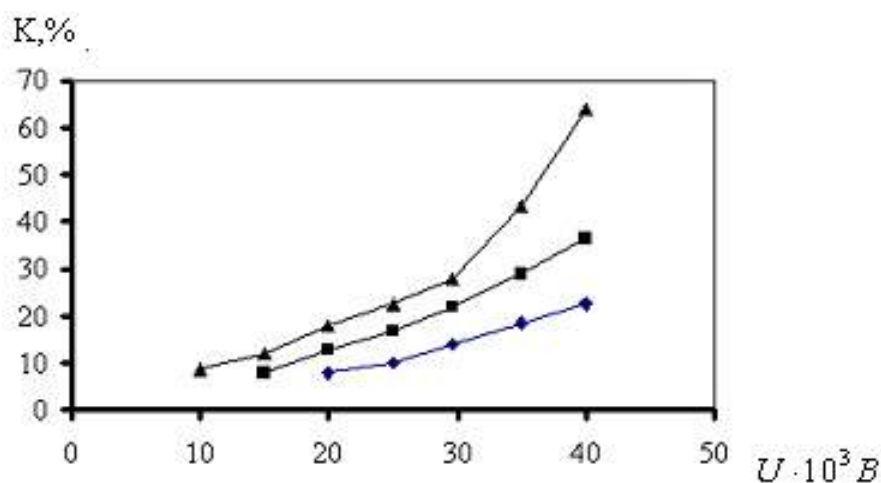


Рисунок 1. Графики зависимости степени разрушения различной фракции волластонита от длины разрядного промежутка при фиксированных значениях емкости конденсаторной батареи



$d_{фр} \approx 1 \cdot 10^{-3}$ м, $l_p = 10$ мм, \blacksquare $0,3 \cdot 10^{-6}$ Ф, \blacksquare $0,6 \cdot 10^{-6}$ Ф, \blacktriangle $1 \cdot 10^{-6}$ Ф.

Рисунок 2. График зависимости дробления руды при различных емкостях конденсаторной батареи от импульсного напряжения на воздушном разряднике

Из рисунка 2 видно, что интенсивность дробления руды может стабилизироваться с ростом емкости конденсаторной батареи. Это позволяет выбирать оптимальное значение емкости необходимое для воспроизведения опытов. Как видно из графиков, при фиксированном импульсном напряжении на воздушном разряднике $U=40$ кВ, степень измельчения руды диаметром меньше 1 мм при $C=0,3$ мкФ составляет 20%, а при увеличении емкости до 0,6 мкФ – 32%, а при емкости конденсаторной батареи 1 мкФ – 65%.

В керамической промышленности используется концентрат, в котором содержание волластонита должно быть не менее 80%, а примесь кальцита не должна превышать 5%. Для лакокрасочной промышленности требуются еще более богатые концентраты, а именно содержание волластонита должно быть не менее 90%. Но самое главное то, что волластонит должен быть исключительно белым, необходимо, чтобы белизна его была не менее 85% по отношению к стандарту (лучшие разновидности минерала из Уиллсборо, например, имеют белизну 92–96%).

Это возможно только тогда, когда примесь оксидов марганца и железа в волластоните не превышает 0,1%. Разности волластонитов с содержанием этих примесей более 0,5% считаются непригодными для применения в лакокрасочной промышленности [5].

Были проведены лабораторные испытания на базе ТОО «Almas>rading» по замене в составе белого пигмента барита на волластонитовый керамический порошок, полученный в лаборатории «гидродинамики и теплообмена» кафедры инженерной теплофизики имени профессора Ж.С.Акылбаева в интервале 5 – 40% от веса пигмента.

Образцы лакокрасочных материалов готовили в лабораторной мельнице, испытания покрытий проведены по известной методике. В качестве образца сравнения применялся белила цинковая марки Б высшего сорта (ГОСТ 6-10-449-83).

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица 1

Свойства пигмента с волластонитовым порошком

Показатели	Белила марки	Содержание волластонитового порошка, %			
		5	15	25	40
Дисперсность, мкм	40	40	40	40	40
Укрывистость, г/м ²	140	160	165	175	180
Остаток на сите №0063, не более	0,7	-	0,6	0,6	0,6
Белизна, усл.ед.	90	92	92	92	94

Испытание показали улучшение качества белого пигмента при использовании керамического порошка волластонитового типа по укрывистости и белизне.

Таким образом, полученные результаты показывают, что с увеличением энергии разряда на воздушном разряднике, разрушение фракций волластонита протекает интенсивнее, и наблюдается общая закономерность влияния электрогидравлического эффекта. А также было доказано, что тонкоизмельченный волластонитовый керамический порошок, полученный электрогидроимпульсным способом, по показателям улучшает качества покрытий приборов в лакокрасочных промышленностях.

Литература

1. Петров В.П. Волластонит. М.: Наука, 1982. 112 с.
2. Каримова З., Умирбаева Э. Минеральные ресурсы Казахстана и мира // Экономика и статистика. – 2002. – №2. – С. 40-48.

3. Кусаинов К., Нусупбеков Б.Р., Шаймерденова К.М., Алпысова Г.К. Измельчения природного волластонита // Вестник КарГУ. Серия Физика. – 2009. – №2(54). – С. 19-23.
4. Нусупбеков Б.Р., Шаймерденова К.М., Айтпаева З.К. Методика избирательного разрушения руды // Вестник развития науки и образования. – 2009. – №4. – С. 16-19.
5. Бейсеев О.Б., Бейсеев А.О., Шакирова Г.С. Природные минеральные наполнители Казахстана (систематика, свойства, пути комплексного использования руд) // Тр. Межд.науч.-практ. конф. «КазНТУ – образованию, науке и производству Республики Казахстан». Алматы: ИИА «АЙКОС», 1999. С. 28 – 30.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ НОВОГО СОРТА МУКИ

Куценкова Василисса Сергеевна,

магистрант технологического факультета, Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов

Клюкина Оксана Николаевна

кандидат технических наук, Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов

Птичкина Наталья Михайловна

профессор, доктор химических наук, Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов

*THE STUDY OF THE PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS WITH THE ADDITION OF NEW VARIETIES OF FLOUR.
Kutsenkova The Basilissa S., undergraduate engineering faculty, Saratov state agrarian University, Saratov
Klyukina Oksana Nikolaevna, candidate of technical Sciences, Saratov state agrarian University, Saratov
Ptichkin Natalia Mikhailovna, Professor, doctor of chemical Sciences, Saratov state agrarian University, Saratov*

АННОТАЦИЯ

Цель настоящего исследования - изучение влияния муки нового сорта из семян амаранта на реологические, органолептические характеристики и влажность хлебобулочных изделий.

В ходе данной работы были использованы органолептический, реологический и физико-химический методы исследования.

Введение муки из семян амаранта положительно влияет на органолептические свойства хлебобулочных изделий и структурно-механические свойства теста.

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the influence of the flour of new varieties from seeds of amaranth on rheological, sensory characteristics and moisture bakery products.

In the course of this work were used sensory, rheological and physico-chemical methods of research.

The introduction of flour from seeds of amaranth has a positive effect on the organoleptic properties of the baked products and structural-mechanical properties of the test.

Ключевые слова: мука из семян амаранта, органолептическая оценка, реологические свойства.

Keywords: flour from seeds of amaranth, organoleptic evaluation, rheological properties.

В настоящее время наблюдается ухудшение показателей здоровья населения - за последнее десятилетие снизилась продолжительность жизни (58 лет – мужчины,

73 года – женщины). Заболеваемость населения существенно зависит от структуры питания. В этой связи пищевая промышленность однозначно стала зоной большой социальной ответственности [1, с 146].

Особенностью современного развития пищевой промышленности является разработка качественно новых продуктов питания функционального назначения, способствующих сохранению и улучшению здоровья за счет регулирующего и нормализующего воздействия на организм человека с учетом его физиологического состояния и возраста. Поэтому создание ассортимента хлебобучных изделий функционального назначения, ориентированных на потребление различными категориями населения, является одной из приоритетных, актуальных и современных задач [2, с 3-12].

Применение новых сортов муки в производстве хлебобучных изделий позволяет расширить ассортимент, увеличить пищевую ценность, повысить потребительский спрос на хлебобучные изделия [3, с 243].

Цель настоящего исследования - изучение влияния муки нового сорта из семян амаранта на реологические, органолептические характеристики и влажность хлебобучных изделий. Данные приведены в таблицах 1,2, на рисунке 1.

Таблица1

Органолептическая оценка образцов хлебобучных изделий из муки амаранта и с ее добавлением (в баллах):

№	КОНЦЕНТРАЦИЯ муки из амаранта,%	ВНЕШНИЙ ВИД	ЦВЕТ	ЗАПАХ	КОНСИСТЕНЦИЯ	ВКУС
1	0	5	5	5	5	5
2	30	5	5	5	5	5
3	50	4	5	5	4	5
4	70	3	5	5	3	4

Как видно из таблицы 1, увеличение концентрации муки из семян амаранта до 30% улучшает органолептические свойства хлебобучных изделий. Концентрация

муки из семян амаранта 70% ухудшает консистенцию теста, поэтому в дальнейших исследованиях этот образец использоваться не будет.

Таблица № 2

Показания влажности (метод Чижова) хлебобучных изделий с добавлением муки из семян амаранта:

№п/п	Концентрация муки из амаранта,%	Влажность, %
1	№1 (0% контроль)	34
2	№2 (30 %)	35
3	№3 (50 %)	32

Как видно из таблицы 2, внесение добавок муки из семян амаранта на показания влажности значительно не влияют.

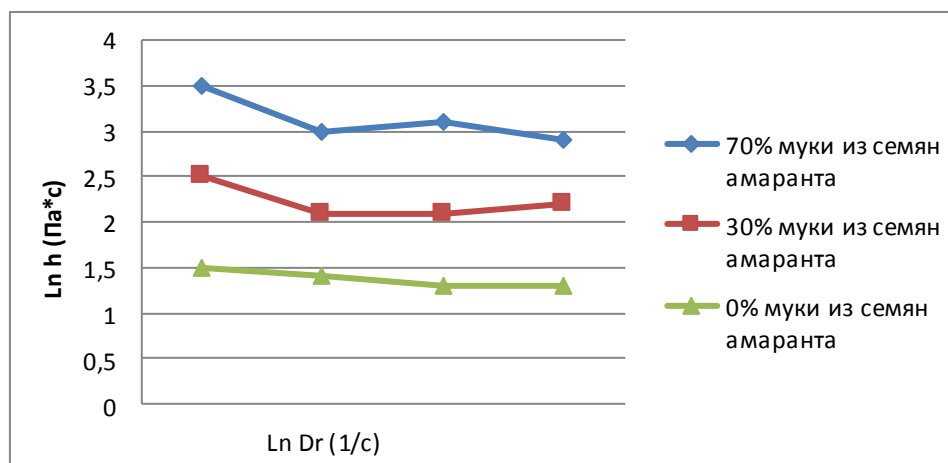


Рисунок 1. Зависимость вязкости теста с добавлением муки из семян амаранта от скорости сдвига

Из рисунка 1 видно, что добавки муки из семян амаранта вносят изменения в вязкость систем, причем с увеличением концентрации добавки вязкость возрастает, консистенция продукта становится более вязкой [4, с 3-21].

Введение муки из семян амаранта положительно влияет на органолептические свойства хлебобучных изделий и структурно-механические свойства теста.

Проведенные исследования показывают, что добавление муки из семян амаранта в рецептуру хлебобучных изделий позволяет расширить ассортимент продуктов для здорового питания.

Список литературы

1. Покровский В.И. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни/В.И.Покровский, Г.А.Романенко, В.А. Княжев и др.-Новосибирск: -Издательство НГУ, 2002. – 344с..
2. Садыгова М.К. Технологический потенциал нута; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».-Саратов: Издательство «Кубик», 2012.-132 с
3. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров/В.М. Позняковский.-Новосибирск: -Издательство НГУ, 1999. – 447с.

4. Птичкина Н.М. Измерение вязкости реальных и модельных пищевых систем: Учебно-методическое пособие для студентов специальности 271200 – Технология общественного питания/ Сост. Н.М.

Птичкина; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2003. 28с

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Крамарь Вадим Александрович

доктор тех. наук, профессор, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Харланов Алексей Иванович

кандидат тех. наук, доцент, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова, г. Севастополь

Кузнецов Дмитрий Владимирович

Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова, г. Севастополь

USE OF MULTI-LAYERED SHIELDING OF SOME ELEMENTS OF SHIPBOARD ELECTRONIC EQUIPMENT TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACTS OF POWERFUL ELECTROMAGNETIC RADIATION

Kramar Vadim Aleksandrovich, doctor of technical Sciences, Professor, Sevastopol state University, Sevastopol

Kharlanov Aleksey Ivanovich, candidate of technical Sciences, associate professor, Black sea higher naval school named after P. S. Nakhimov, Sevastopol

Kuznetsov Dmitry Vladimirovich, Black sea higher naval school named after P. S. Nakhimov, Sevastopol

АННОТАЦИЯ

В статье подробно рассмотрен один из частных способов экранирования судовой радиоэлектронной аппаратуры. Показаны его достоинства и недостатки. Даны рекомендации по его использованию.

ABSTRACT

The article discussed in detail one of the ways private screening of ship electronics. Showing its advantages and disadvantages. Recommendations on how to use.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура; электромагнитное поле; экранирование; токопроводящее покрытие; поверхностное сопротивление.

Keywords: electronic equipment; electromagnetic field; shielding; conductive coating; surface resistance.

Основная часть. В современных условиях устойчивая работа судовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) может быть нарушена из-за влияния негативных факторов мощных электромагнитных излучений (МЭМИ). Это обусловлено постоянным усложнением электромагнитной обстановки, в которой действуют радиоэлектронные средства (РЭС) [6]. На РЭС воздействуют МЭМИ как естественного происхождения, источником которых, являются грозовые разряды (молнии), так и искусственного, источники которых – мощные радиопередающие средства самих судов.

В публикациях о негативных эффектах воздействия ЭМ полей на радиоэлектронную аппаратуру рассмотрены различные модели воздействий и предложены меры снижающие уровни наводимых напряжений в приборах судовых радиоэлектронных средств (РЭС) путем применения конструкционных, схемотехнических и структурно-функциональных методов защиты [1-3, 5].

Одним из специфических конструкционных методов защиты является многослойное экранирование.

Многослойное экранирование применяется для достижения высокой эффективности экранирования путем применения многослойных комбинированных экранов, которые состоят преимущественно из последовательно чередующихся немагнитных (медь, алюминий) и

магнитных (сталь, пермаллой) слоев. Более высокое экранирующее действие многослойных экранов, по сравнению с однородными, определяется физическими процессами, происходящими в комбинированных экранах:

отражением энергии электромагнитного поля на многочисленных границах раздела сред с различными электрофизическими характеристиками;

благоприятным обратным действием отдельных слоев-экранов друг на друга, связанным с взаимодействием вихревых токов, наведенных в них в результате внешнего воздействия помехонесущего поля;

исключением эффекта насыщения ферромагнитных материалов экранов, путем предварительной защиты их металлами с высокой удельной проводимостью и малой магнитной проницаемостью и т. п. [3].

Коэффициент магнитного экранирования для двухслойного экрана определяется:

$$S_{об} = S_1 S_2 / (1 - W_1 W_2), \quad (1)$$

где S_1 , S_2 - коэффициенты экранирования отдельных слоев-экранов, начиная с наружного; W_1 , W_2 - соответствующие коэффициенты обратного действия слоев-экранов друг на друга. Для достижения желаемого эффекта необходимо, чтобы слои были изолированы друг от друга.

Согласно [3] при слабом экранировании ($W_1, W_2 \rightarrow 0$), а при сильном (для $W_1 \rightarrow 2$ - для электромагнитного экрана, $W_1 \rightarrow -1$ - для магнитоэлектрического экрана; $W_2 \rightarrow 1/2$ - для электромагнитного экрана, $W_2 \rightarrow -1$ - для магнитоэлектрического экрана).

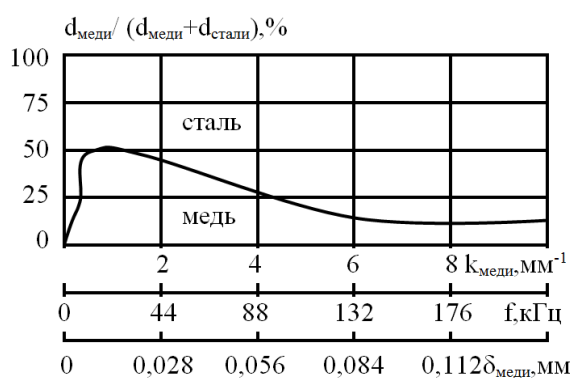
Как вытекает из приведенных данных, применение в качестве защитных одинаковых по своим электрофизическим характеристикам слоев экрана приводит к увеличению суммарного коэффициента экранирования по сравнению с его значением в случае использования разнородных материалов. Действительно, только в случае разнородных по своим электрофизическим характеристикам материалов знаменатель в (1) $(1 - W_1 W_2) > 1$, в то время как для одинаковых материалов $(1 - W_1 W_2) \leq 1$, что приводит к возрастанию суммарного коэффициента экранирования и ухудшению защитных свойств многослойного экрана. Поэтому для достижения высоких защитных свойств в многослойных экранах необходимо применять разнородные по своим электрофизическим свойствам материалы - комбинацию ферромагнитных и неферромагнитных металлов [3].

Причем, ввиду того, что согласно [3] при порядке чередования слоев Fe-nFe $W_1=1/2, W_2=-1$, а при чередовании nFe-Fe $W_1=-1, W_2=2$, при сильном экранировании

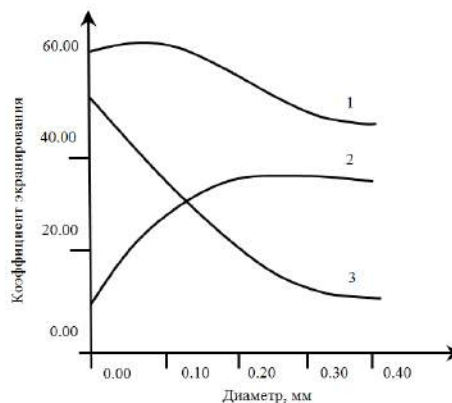
когда ферромагнитный слой расположен с внутренней стороны стенки комбинированного сферического экрана его защитные свойства в два раза лучше, чем при расположении этого же слоя со стороны источника помехонесущего поля, так как суммарный коэффициент экранирования будет равен:

$$S_{Fe-nFe} = 2S_1 S_2 / 3; \quad S_{nFe-Fe} = S_1 S_2 / 3, \quad (2)$$

Определение наиболее эффективного соотношения толщины слоев комбинированного экрана для интересующего нас частотного диапазона выше десятков мегагерц зависит от того, что медь, так и сталь в этом случае работают в электромагнитном режиме на принципе вихревых токов. Из рисунка (1, а) видно, что с возрастанием частоты оптимальная толщина медного слоя уменьшается, а стального - увеличивается. Рисунок (1, б) иллюстрирует расчетную зависимость эффективности экранирования электромагнитного поля на частоте 55 кГц двухслойным медно-стальным цилиндрическим экраном (радиус 17,5 мм, общая толщина слоев 0,4 мм) от изменения толщины каждого слоя [2].



а)



б)

Рисунок 1. а) – зависимость оптимального соотношения толщин слоев комбинированного экрана (медь - сталь) от частоты помехонесущего поля и электрофизических характеристик медного слоя; б) – зависимость эффективности экранирования двухслойного медно-стального цилиндрического экрана: 1 – результирующая, 2 – за счет поглощения, 3 – за счет отражения

Согласно [2] расчет эффективности экранирования двухслойными экранами из различных материалов показывает, что наиболее целесообразным в диапазоне частот 10 кГц – 100 МГц является сочетание медного и стального слоев. При этом толщина магнитного слоя должна быть больше, чем немагнитного (сталь – 82% общей толщины, медь – 18%).

Все рассмотренные процессы касаются исследования защитных свойств комбинированных многослойных экранов при синусоидальных магнитных полях. Использование многослойных экранов в качестве защиты РЭС от мощных импульсных электромагнитных помех имеет свои особенности. Они заключаются в том, что в процессе прохождения сквозь металлическую стенку экрана импульсного поля его частотный спектр сдвигается в область более низких частот, в отличие от синусоидальных полей,

у которых частота воздействующего поля для всех слоев остается неизменной.

В результате этого при импульсных помехах на каждый последующий слой многослойного экрана воздействует импульсное поле с более низкочастотным спектром, нежели внешняя помеха. Это приведет к тому, что значения коэффициентов обратного действия для одних и тех же слоев экрана при синусоидальном и импульсном воздействиях будут отличаться друг от друга.

Так, если в случае двухслойного комбинированного экрана с наружным неферромагнитным и внутренним ферромагнитным слоями, обеспечивающими хорошее экранирование при синусоидальном воздействии коэффициенты обратного действия $W_1 = -1$ и $W_2 = 2$. То в случае импульсного воздействия $W_1 = -1, W_2 = 0$, так как второй ферромагнитный слой теперь уже подвержен низкочастотному воздействию, которое соответствует области

слабого экранирования. Тогда общий коэффициент магнитного экранирования многослойного комбинированного экрана при импульсных помехах согласно [2]:

$$S_{об} = S_1 S_2, \quad (3)$$

то есть при импульсном воздействии, если не считаться с насыщением ферромагнитного слоя, общий коэффициент экранирования многослойного экрана не зависит от порядка расположения слоев, а определяется только их защитными свойствами. При этом надо помнить, что параметры импульсного поля, воздействующего на второй слой, существенно отличаются от параметров внешнего МЭМИ и определяются электрофизическими и конструктивными характеристиками первого слоя.

Выводы.

При создании многослойных экранов внутренние слои должны изготавливаться из немагнитных металлов для достижения максимального экранирующего действия и достижения минимальных потерь, вносимых в экранируемые узлы РЭА. Например, внешний слой из стали, а внутренний из меди. Это объясняется высокой отражательной способностью меди и поглощательной стали [4].

Применение диэлектрических прокладок или воздушных зазоров между слоями может существенно повысить эффективность экранирования, если их толщина существенно превышает толщину металлических слоев экрана. Такие экраны могут применяться при условии, что допускается некоторое увеличение их габаритов и массы.

При экранировании импульсного излучения не имеет значение порядок расположения слоев, и эффективность определяется только защитными свойствами металла.

Изготовление и применение для экранирования нескольких слоев требует дополнительных финансовых

затрат и удорожает стоимость изделия. Поэтому может применяться только при неэффективности других мер [4].

На частотах выше 10 МГц применение составных экранов не целесообразно, так как достаточно большая эффективность экранирования обеспечивается применением однородного материала, такого как медь, алюминий или латунь.

Список литературы

1. Винников В.В. Основы проектирования РЭС. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов/ В.В.Винников – Санкт-Петербург: Северо-западный технический университет, 2006. – 174 с.
2. Дж. Барнс Электронное конструирование. Методы борьбы с помехами: Перевод с английского/Дж. Барнс – Москва: Мир, 1990. – 237 с.
3. Кравченко В.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / В.И.Кравченко, Е.А.Болотов, Н.И.Летунова – Москва: Радио и связь, 1987. – 256 с.
4. Kramar V.A. Recommendations for reducing the negative effects of electromagnetic radiation on electronic equipment / V.A. Kramar, A.I. Kharlanov, D.V. Kuznetsov // proceedings of BHNS. - Sevastopol: BHNS - 2015 - № 1(17). - P. 48-59.
5. Kuznetsov D.V. Modeling of the effects of microwave electromagnetic radiation on the input circuit of shipboard electronic funds / D.V. Kuznetsov, A.I. Kharlanov, A.S. Mironova // Scientific Herald of the Eurasian Union of scientists. - Moscow: EUS - 2014 - No. 8. - P. 65-67.
6. Кучер Д.Б. Мощные электромагнитные излучения и сверхпроводящие защитные устройства/ Д.Б.Кучер – Севастополь: Ахтиар, 1997. – 188 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Леонтьев Лев Борисович
доктор техн. наук, профессор,
Леонтьев Андрей Львович
кандидат техн. наук, магистрант,
Молоков Константин Александрович
кандидат техн. наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

INCREASED RELIABILITY CRANKSHAFTS SHIP MEDIUM-SPEED DIESELS

Leontev Lev, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Leontev Andrew, Candidate of Engineering Science, undergraduate, Molokov Konstantin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok

АННОТАЦИЯ

Показано, что основной причиной отказов коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей является абразивное изнашивание шеек вала вследствие наличия абразивных частиц в моторном масле, завышенных величин отклонений формы поверхностей шеек и масляных зазоров в сопряжении.

Для повышения надежности коленчатых валов предлагается ограничить величины отклонений формы шеек и масляного зазора, а также формировать тонкопленочные износостойкие покрытия на шейках вала путем применения металлосилоксана и композиций на его основе.

Ключевые слова: коленчатый вал; износ; отказ; покрытие.

ABSTRACT

It is shown that the main cause of failure crankshafts marine medium-speed diesels is abrasion necks of the shaft due to the presence of abrasive particles in the engine oil, inflated the deviations form the surface of pins and oil gaps in conjugation.

To improve the reliability of crankshafts proposed to limit the extent of deviation form the necks and the oil clearance, as well as wear-resistant thin film to form a metal-ceramic coating on the shaft journal by applying and compositions based on it.

Keywords: crankshaft; wear; denial; cover.

Надежность судовых дизелей в значительной степени зависит от надежности коленчатого вала. Использование тяжелых сортов топлива вызывает увеличение скорости изнашивания поверхностей трения трибоузла.

Цель работы – определение влияния износа шеек на отказы коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей (СОД) и разработка мероприятий по повышению их надежности. Принятие обоснованных мер по предотвращению внезапного отказа коленчатого вала позволяет обеспечить надежность и безопасность дизеля в целом.

Износы поверхностей трения коленчатого вала оказывают решающее влияние на его долговечность, работоспособность и возникновение аварийных ситуаций на двигателе.

Основными видами изнашивания шеек коленчатых валов являются [1]: абразивное, усталостное и окислительное, реже – изнашивание при заедании (адгезионное) и др.

Абразивный износ деталей ДВС происходит вследствие попадания твердых частиц загрязнений в слой жидкой смазки, разделяющей поверхности трения. С увеличением концентрации и размеров частиц в моторном масле растет износ шеек коленчатого вала. Такие элементы как алюминий и кремний поступают в циркуляционное масло следующим путем: Al – это продукт износа поршней из алюминиевых сплавов, а также рамовых, мотылевых и головных подшипников скольжения; Al и Si – попадают в масло с продуктами неполного сгорания топлива.

Количество механических примесей и продуктов износа в работающем масле СОД существенно зависит от вида топлива, на котором работает дизель – тяжелое или дистиллятное. При работе дизелей на тяжелых сортах топлива в моторном масле значительно больше механических примесей (в среднем 0,51–1,0%) по сравнению с моторным маслом двигателей, работающих на дистиллятном топливе (среднем 0,10–0,25%), а также алюминия (в 1,3 раза), кремния (в 1,7 раза). Наибольшее влияние на износ трибосопряжения «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» оказывает величина содержания алюминия в работающем масле. Увеличение массы алюминия в работающем масле приводит к интенсификации изнашивания вкладышей подшипников и шеек коленчатого вала, что в свою очередь ведет к увеличению параметров шероховатости шеек, схватыванию и задирам [2].

Данные для анализа геометрических параметров охватывают результаты дефектации и ремонта 26 коленчатых валов 13 типов СОД (главных и вспомогательных) различных фирм-изготовителей (210 рамовых и 184 мотылевых шеек). На исследуемых двигателях шейки коленчатых валов имеют твердость в интервале от 164 НВ до 58 HRC, т.е. были проанализированы износы закаленных и незакаленных коленчатых валов.

Анализ геометрических параметров коленчатых валов, поступающих на восстановление, показал, что 93,8% рамовых шеек имеют величины износов не более

0,10 мм. Мотылевые шейки подвержены более интенсивному износу, только 79,1% шеек имеет величину износа не более 0,10 мм. Следует отметить значительный разброс величин износа рамовых и мотылевых шеек у большинства коленчатых валов. Риски и круговые царапины на шейках имеются у 100% коленчатых валов. Задиры шеек имеют до 33 % валов (от одной до 8 шеек, в среднем 2–3 шейки), наволакивание металла на шейки – менее 5% валов, пятна коррозии на шейках – до 10% валов, имеют деформацию – до 24% валов.

В результате изнашивания шеек образуются отклонения формы (овальность и конусообразность, реже – бочкообразность или седлообразность. Причем мотылевые шейки подвержены, как правило, более интенсивному изнашиванию. Установлено, что 11,3% рамовых и 31,1 % мотылевых шеек имеют овальность свыше 0,04 мм (предельно допустимая величина овальности для современных СОД с диаметром шеек 200 мм).

Мотылевые шейки, как правило, имеют отклонения формы от цилиндричности – конусообразность, которая может достигать 0,10 мм, реже седлообразность или бочкообразность, а по окружности принимают овальную форму. Рамовые шейки в результате износа приобретают овальную форму.

Наиболее опасны катастрофические виды изнашивания: заедание, задир и схватывание. При задире шеек или схватывании шеек с вкладышем, а также расплавлении антифрикционного слоя вкладышей, как правило, происходит деформация коленчатого вала, реже – поломка вала. Первопричиной катастрофических видов изнашивания является, как правило, износ шеек коленчатого вала, характеризующийся появлением отклонений формы и изменением размеров, а также образованием круговых рисок и царапин глубиной до 0,05 мм.

Следует отметить, что между величиной износа трибоузла и вероятностью возникновения изнашивания при заедании и последующего задира шеек коленчатого вала существует качественная связь в условиях трения полужидкостной и граничной смазок. Анализ влияния величин износа на вероятность задира шеек позволил установить, что износы рамовых и мотылевых шеек коленчатых валов оказывают существенное и примерно одинаковое влияние (рис. 1,а). Зависимость вероятности задира шеек от величины их износа описывается выражением ($R^2 = 0,958$)

$$P_3^H = 50,5 - 49,35 \cdot e^{-3071H^{3,3}}, \% \quad (1)$$

Для обеспечения вероятности не более 10% необходимо, чтобы износ шеек не превышал 0,05 мм. При величинах износа свыше 0,11 мм вероятность задира составляет 50%.

Наибольшую опасность для возникновения задира оказывает величина овальности шеек (рис. 1,б). При величине овальности 0,03 мм вероятность задира составляет уже 30%, а при величинах от 0,14 мм и больше – 100%.

Поэтому необходимо ограничивать овальность шеек для избежания задира и отказа коленчатого вала величинами 0,03–0,04 мм. Зависимость вероятности задира шеек от величины их овальности описывается выражением ($R^2 = 0,971$)

$$P_3^\Delta = 181,6 + 45,8 \ln(\Delta), \%, \quad (2)$$

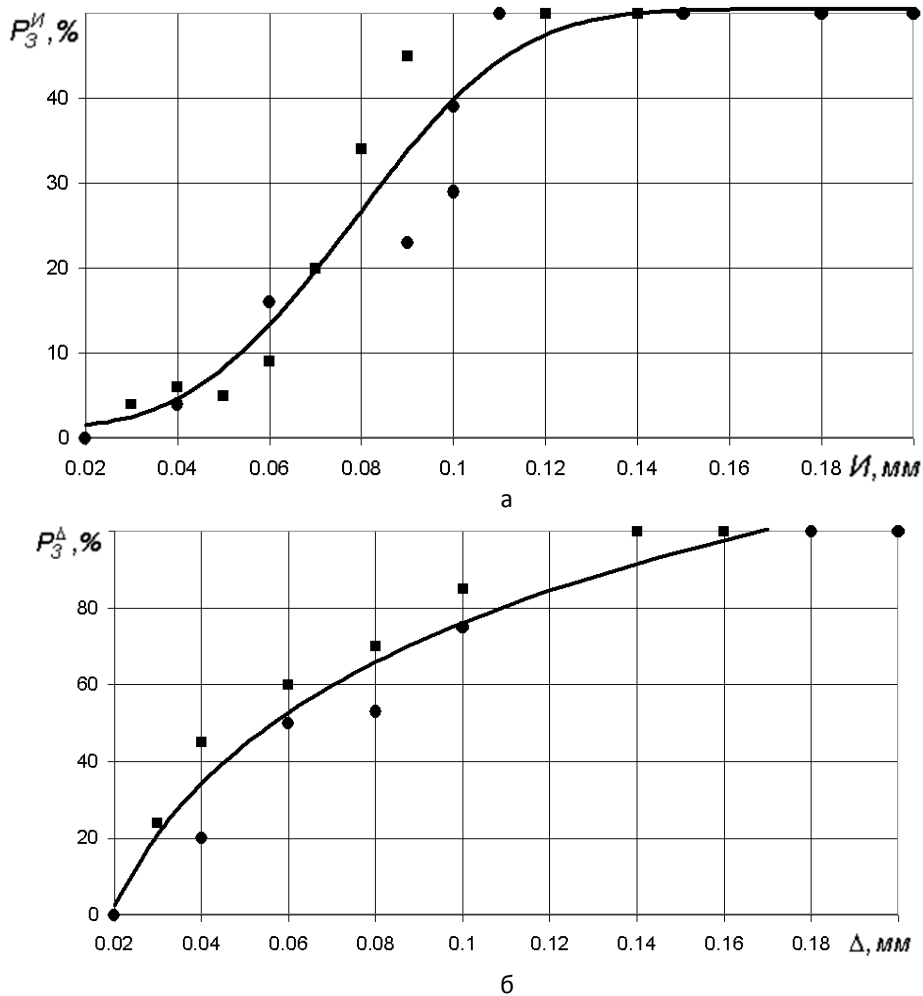


Рисунок 1. Зависимость вероятности отказов коленчатых валов из-за задира шеек от величин: а – износа шеек; б – овальности шеек, ■ – рамовые шейки, ● – мотылевые

Установлено, что при задирах шеек коленчатые валы деформируются и появляются большие значения биения на рамовых шейках (до 0,5–0,7 мм) при допустимых 0,10–0,12 м. Возникновение деформаций коленчатых валов вследствие задира рамовых шеек наблюдается у 40% валов, при задирах мотылевых шеек — у 60% валов.

Для повышения надежности и уменьшения вероятности аварий судовых СОД наиболее рационально проводить модифицирование шеек вала слоистыми силикатами или металлосилоксановым полимером [3] для получения металлокерамического покрытия, позволяющего избежать задира, снизить энергетический уровень контактного взаимодействия трущихся поверхностей и величину износа трибосопряжения «шейка вала – вкладыш».

Для определения оптимального состава материалов для модифицирования шеек коленчатых валов и обеспечения заданной долговечности были проведены триботехнические испытания. В качестве основного критерия оптимизации триботехнического состава была взята интенсивность изнашивания.

Модифицирование поверхности стального образца триботехническими материалами осуществляли фрикционным методом. Модифицирующий состав, состоящий из

минерального или органоминерального материала и масла, наносился на упрочняемую поверхность. В процессе упрочнения данная смесь подавалась в зону трения каждые 15–20 с капельным методом. Для модифицирования использовали следующие материалы: серпентинит (состав №1), алюмосиликат (состав №2), алюмосиликат, модифицированный полисахаридом и карбонатом магния (состав №3), металлосилоксан (состав №4), и композиции материалов: 50 % металлосилоксана + 50 % препарата «Ресурс» (состав №5), 50% алюмосиликата + 50% металлосилоксана (состав №6) и 50% металлосилоксана + 50% серпентинита (состав №7).

Так как шейки свыше 80% коленчатых валов СОД имеют твердость в диапазоне 201–230 НВ исследования проводили на стали 45 твердостью 212 НВ.

Триботехнические испытания проводили на универсальной машине модели УМТВК проводили по схеме «ролик – колодка» в условиях граничного трения при постоянной скорости скольжения 0,628 м/с. В качестве подвижного образца использовались колодки, вырезанные из вкладыша типа «Rillenlager» («Miba» 33), который имеет регулярный микрорельеф в виде винтовой канавки

глубиной 16–40 мкм и шагом около 0,15 мм на всей поверхности трения, что обеспечивает высокую усталостную прочность и способность выдерживать высокие удельные нагрузки. Участки меньшей ширины (слой AlSnб) воспринимают нагрузку, а участки большей ширины поглощают абразивные частицы.

Смазку пары трения осуществляли капельным способом (5–6 капель в минуту). Для смазки применялось работающее дизельное масло марки М-14-Д₂(цл 30) ГОСТ 12337-84 с главного судового среднеоборотного дизеля (СОД), эксплуатировавшегося на тяжелых сортах топлива, так как при работе двигателя на тяжелых сортах топлива смазка содержит повышенное количество механических

примесей. Величины значений характеристик работающего масла и содержание в нем продуктов износа и сгорания соответствовало примерно типичным средним значениям для СОД, эксплуатирующихся на тяжелых сортах топлива [2]: вязкость при 100 °С – 15,8 сСт, щелочное число – 20,3 мг КОН / г, механические примеси 1,5%, Fe – 8,5 г/т, Al – 6,3 г/т, Cr – 2,6, г/т, Si – 6,3, г/т, Pb – 4,3, г/т, Sn – 12,1 г/т, Cu – 4,5 г/т.

Износ образцов определяли весовым способом на лабораторных весах с ценой деления 0,1 мг марки AUW 220D фирмы Shimadzu (Япония).

Нагрузку изменяли в соответствии с режимами, приведенными в таблице 1. Время испытаний каждой пары трения составляло 4 часа.

Таблица 1

Режимы испытаний				
Нагрузка, Н	40	100	200	400
Время, ч:	0,5	0,5	1,0	2,0

Выбранные режимы испытаний характерны для работы подшипников скольжения коленчатых валов СОД и соответствуют нагрузкам в моменты пуска и остановки двигателя, т. е. когда наблюдается режим трения при граничной смазке.

В результате сравнительных триботехнических испытаний пары трения «вал – вкладыш» при различных упрочняющих покрытиях установлено, что модифицирование стали позволяет снизить коэффициент трения после приработки сопряженных поверхностей (примерно через 45 минут после начала испытаний) и существенно уменьшить износ модифицированной стали и антифрикционного слоя вкладышей подшипников, при этом величины износов существенно зависят от состава модификатора.

Следует отметить, что приработка пары трения «вал – вкладыш» в условиях трения при граничной смазке происходит примерно в 2 раза быстрее в результате модифицирования поверхности стального образца любым материалом, причем алюмосиликат и металлосилоксан обеспечивают наиболее стабильный коэффициент трения. Наименьший коэффициент трения при граничной смазке обеспечивает модифицирование композициями 50% алюмосиликата + 50% металлосилоксана и 50% металлосилоксана + 50% серпентинита.

Скорость изнашивания стального образца (рис. 2) уменьшается более чем в 2 раза при различных упрочня-

ющих покрытиях. Причем скорость изнашивания стального немодифицированного образца монотонно возрастает по мере увеличения нагрузки. Модифицирование алюмосиликатом позволяет получить покрытие, скорость изнашивания которого практически не зависит от нагрузки.

Максимальную износостойкость трибосопряжения при нагрузках до 200 Н обеспечивает состав №6 (повышение износостойкости по сравнению с немодифицированным образцом достигает 8 раз). Максимальную износостойкость трибосопряжения при нагрузках свыше 200 Н обеспечивает состав №3 и при 400 Н состав №5 (повышение износостойкости по сравнению с немодифицированным образцом достигает 10 раз).

Таким образом, для увеличения долговечности трибосопряжения «вал – вкладыш» шейки вала необходимо модифицировать следующими составами: 50% алюмосиликата + 50% металлосилоксана и алюмосиликатом, модифицированным полисахаридом и карбонатом магния, которые позволяют повысить износостойкость трибосопряжения от 8 до 10 раз в зависимости от нагрузки, снизить коэффициент трения и температуру в зоне трибоконтакта на больших нагрузках более чем в 2 раза, которые наиболее опасны вследствие создания условий для возникновения схватывания и задира.

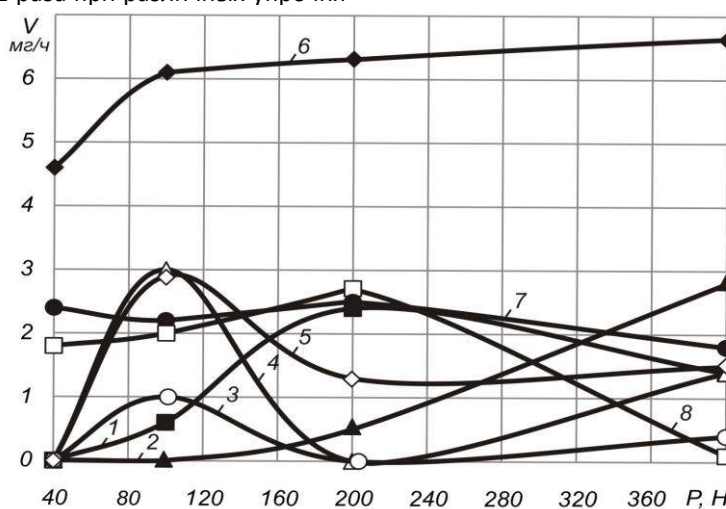


Рисунок 2. Зависимости скоростей изнашивания стального образца в условиях трения при граничной смазке от нагрузки и типа покрытия, полученного в результате модифицирования стали составом:

1 – №1; 2 – №6; 3 – №3; 4 – №7; 5 – №4; 6 – контрольный; 7 – №2; 8 – №5

Исследование с помощью рентгено-электронной спектроскопии позволило установить состав тонкопленочного покрытия на поверхности стали и на глубине до 100 нм. В зависимости от применяемого материала для модифицирования стали поверхностный слой имеет следующий состав (в атомных процентах):

- при упрочнении металлосилоксановым полимером: O = 46.6, C = 40.6, Fe = 9.3, Si = 2.0, N = 1.2, Ca = 0.4; после травления поверхности аргоном на глубине 100 нм: Fe = 34.2, O = 49.9, C = 14.6, N = 0.6, Ca = 0.7;
- при упрочнении алюмосиликатом, модифицированным металлосилоксаном: O = 43.2, C = 39.8, Al = 7.2, Fe = 4.5, Si = 2.4, N = 1.6, Ca = 1.0, Sn = 0.3, Pb = 0.1; после травления поверхности аргоном на глубине 100 нм: O = 45.5, Fe = 21.1, Al = 18.6, C = 10.6, Si = 2.9, Ca = 1.1, N = 0.5, Sn = 0.3, Pb = 0.1.

Таким образом, основной причиной отказов коленчатых валов СОД является абразивное изнашивание, в первую очередь мотылевых шеек коленчатого вала, которое обусловлено наличием абразивных частиц в моторном масле, завышенными величинами отклонений формы поверхностей шеек и масляных зазоров в сопряжении.

Очевидно, что задача повышения надежности коленчатых валов может быть решена следующими путями:

- 1) ужесточением величин отклонений формы шеек коленчатого вала и масляного зазора;

- 2) ограничением содержания механических примесей в моторном масле;
- 3) повышением износо- и задиростойкости путем формирования тонкопленочных износостойких металллокерамических покрытий на шейках коленчатого вала.

Наиболее перспективными триботехническими материалами являются: металлосилоксан и композиции: 50% алюмосиликата + 50% металлосилоксана или металлосилоксан + препарат «Ресурс».

Исследование выполнено при поддержке ДВФУ, проект №14-08-03-8_и

Литература

1. Леонтьев Л. Б., Токликишвили А. Г. Причины отказов коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей и пути повышения их надежности // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2012. № 3, с. 40–47.
2. Леонтьев Л.Б., Надежкин А.В., Макаров В.Н., Токликишвили А. Г. Анализ функционирования трибосистемы «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника – смазка» судовых среднеоборотных дизелей // Двигателестроение, 2013, № 2 (252). – С. 41–47.
3. Шапкин Н.П., Леонтьев Л.Б., Леонтьев А.Л., Шкураков А.Л. Органомодифицированные алюмосиликаты как геомодификаторы трения // Журнал прикладной химии. - 2012. – Т. 85, вып. 10. - С. 1570-1576.

ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ПРИРОДООХРАННОМ ОБУСТРОЙСТВЕ БАССЕЙНОВЫХ ГЕОСИСТЕМ

Бондаренко Владимир Леонидович

доктор технических наук, профессор, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет»

Леценко Андрей Васильевич

кандидат технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет»

Меженский Владимир Иванович

кандидат технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет»

THE NATURAL-ENGINEERING SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL-PROTECTION FACILITIES OF BASIN GEOSYSTEMS

Bondarenko Vladimir, Professor, Doctor of Technical Sciences, NovoCherkassk Reclamation Engineering Institute FGBOU VPO "Donskoy State Agrarian University"

Leshchenko Andrey, Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences, NovoCherkassk Reclamation Engineering Institute FGBOU VPO, "Donskoy State Agrarian University"

Majensky Vladimir, Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences, NovoCherkassk Reclamation Engineering Institute FGBOU VPO, "Donskoy State Agrarian University"

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются методологические основы создания и функционирования природно-технических систем (ПТС) «Природная среда – Объект деятельности – Население» в природоохранном обустройстве локальных территорий бассейновых геосистем. Исходя из единства действий природы и хозяйственной деятельности по использованию водных ресурсов и защиты от негативного воздействия природных вод сформировано понятие ПТС, их классификация и принципы фундаментирования.

THE SUMMARY

In this article considered methodological bases of creation and development of naturally-technical systems (NTS) «The Environment – Object of activity – The Population» in nature protection construction of local territories of river basin geosystems are considered. Proceeding from unity of actions of the nature and economic activities on use of water resources and protection

against negative influence of natural waters is generated the concept of NTS and their classification and principles of fundamenting.

Ключевые слова: природно-техническая система, зона влияния «Объекта деятельности», экологический мониторинг, экологическая безопасность.

The Keywords: natural-technical system, zone of the influence "Object to activity", ecological monitoring, ecological safety.

Использование водных ресурсов в многообразных видах хозяйственной деятельности, а так же деятельности по защите населения и территорий от негативного воздействия природных вод, обуславливает необходимость внедрения в природную среду техногенных объектов (компонентов) в виде различных типов гидротехнических сооружений, систем водоснабжения, орошения земель, защитных инженерных мероприятий и т.п. Внедрение в природную среду техногенных объектов (в дальнейшем «Объектов деятельности»), вносит определенные изменения в естественные процессы взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения природных (биотических, абиотических) компонентов между собой, обуславливая этим переход системы в Новое состояние взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений между природными компонентами и «Объектом деятельности» [1].

Использование водных ресурсов и защита территорий от негативных воздействий природных вод неотъемлемо связано процессами формирования стока (поверхностного, подземного) в пространственных пределах рассматриваемой бассейновой геосистемы. Границы пространственных пределов бассейновых геосистем определяются: на земной поверхности водораздельной линией водосборной территории гидрографической сети, в атмосфере приземными ее слоями в пределах границ водораздельной линии наземной поверхности и тропосферы высотой до 10 км, литосфере в пределах верхних ее слоев глубиной до 300м, в которых формируется подземный сток с выходом в речную сеть на водосборной территории.

Таким образом, пространственные границы бассейновой геосистемы, в пределах которых формируется поверхностный и подземный сток, включают в себя совокупность различных информационно-саморегулирующихся экосистем различного уровня. В системном понимании экосистемы представляют собой совокупность биотических компонентов и абиотических источников вещества и энергии, функциональная взаимосвязь которых в пределах характерного локального пространства бассейновой геосистемы обеспечивает превышение внутренних закономерных движений вещества, энергии и информации над внешними потоками вещества, энергии и информации. В пространственных пределах бассейновых геосистем наряду с непрерывно протекающими процессами взаимодействия между природными (биотическими и абиотическими) компонентами, осуществляются все виды хозяйственной деятельности, в том числе и деятельность, связанная с использованием водных ресурсов и защитой территорий от негативного (наводнения, подтопления, водная эрозия и др.) воздействия природных вод.

В соответствии с концепцией о доминирующей роли энергии в «управлении» всеми явлениями природы,

можно отметить, что процессы жизнедеятельности живого вещества, как на уровне биосферы Земли, так и рассматриваемой локальной бассейновой геосистемы и отдельной клетки живого вещества, в сущности, выполняют одну и ту же функционально-технологическую операцию по захвату солнечной энергии для совершения различных видов работ по превращению энергии и вещества в биомассу, отходы жизнедеятельности и устойчивую форму энергии – тепло, что в полной мере укладывается в понятие закона сохранения мощности ($N_{пол}$):

$$N_{пол} = P + G[L^5 T^{-5}] \quad (1)$$

где: P – полезная мощность от свободной энергии $E_{свб}$, G – потери мощности от связанной энергии $E_{свз}$.

За период времени в один год, растения всех бассейновых геосистем суши и Мирового океана усваивают $1,5 \cdot 10^{11}$ тонн углекислого газа (CO_2), разлагают $1,2 \cdot 10^{11}$ тонн воды, выделяют $2 \cdot 10^{11}$ тонн свободного кислорода и накапливают $6 \cdot 10^{20}$ кал энергии Солнца в виде химической энергии продуктов фотосинтеза [4]. Следует отметить, на процессы фотосинтеза расходуется 0,06% солнечной энергии, которая достигает поверхности Земли, а на гидрологические глобальные процессы порядка 20% солнечной энергии [1]. Таким образом, можно отметить, что все процессы жизнедеятельности биоты в пространственных пределах бассейновых геосистем поддерживаются за счет естественных непрерывных потоков солнечной энергии, поступающей из космоса и потоков вещества и информации поступающих от абиотических компонентов.

Внедрение в пространственные пределы бассейновой геосистемы «Объекта (объектов) деятельности» связанных, к примеру, с использованием водных ресурсов, изменяет движение естественных потоков энергии, вещества и информации, что определяет собой новые системные взаимосвязи между «Природной средой» и «Объектом (объектами) деятельности», а с учетом проживающего «Населения», как важного системного элемента, определяет собой системное структурное образование в виде природно-технической системы (ПТС) «Природная среда - Объект деятельности - Население» [2]. Таким образом, ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» представляет собой комплекс природных (биотических, абиотических), техногенных (объектов деятельности, устройств, сооружений) компонентов и населения (проживающее в зонах влияния техногенных компонентов), взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения которых направлены на получение фиксируемого полезного результата, связанного с использованием водных ресурсов или защитой от негативного воздействия природных вод (рис.1).

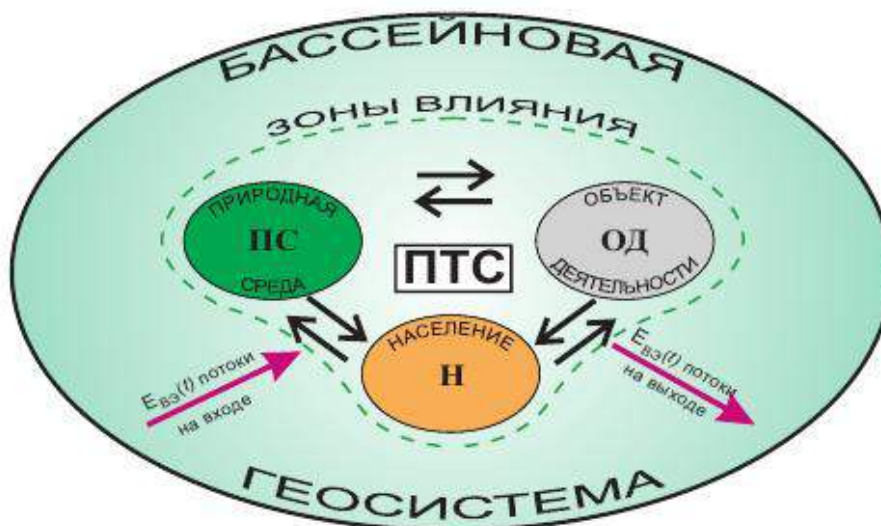


Рисунок 1 Схема взаимодействия компонентов в ПТС «Природная среда – Объект деятельности - Население» в пределах бассейновой геосистемы

Взаимосвязи, воздействия и взаимоотношения трех элементов «Природная среда», «Объект деятельности», «Население» между собой и окружающей их внешней среды бассейновой геосистемы определяют собой реальную объективную картину с направленностью процессов системных взаимодействий и изменений. Для ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» относящихся к открытым неравновесным системам [3], для которых пространственные пределы бассейновой геосистемы являются внешней средой. В системном взаимоотношении для рассматриваемой бассейновой геосистемы внешней средой будет являться бассейновая геосистема более высокого иерархического уровня (главной реки, моря, океана), для которых внешней средой является биосфера Земли, Вселенная и т.д. [4]. Следовательно, локальная ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» занимает свое пространственное расположение в системной иерархии природных систем, функционирование которых подчиняется фундаментальным законам природы - законы сохранения, термодинамики и другие.

Важнейшей характеристикой ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» является ее структура, определяющая составляющие ее компоненты, а также их взаимодействия, взаимосвязи и взаимоотношения. Структура ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» характеризуется видом взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений между природными и техногенными компонентами; определенной упорядоченностью компонентов, которая сохраняется относительно конкретных изменений и преобразований, относительно устойчивый, упорядоченный способ связи между природными и техногенными компонентами обуславливающий внутренний целостный характер, которые зависят от внутренних закономерностей взаимных влияний.

Исходя из системной иерархической взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения природных систем, от локальной бассейновой геосистемы, до Вселенной и далее, классификация ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» можно составить по следующим системным признакам: - по формам движения материи; по пространственной структуре размещения природных

техногенных компонентов; по устойчивости естественных процессов взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений между природными компонентами и «Объектами деятельности»; по экологической приемлемости техногенных компонентов; по способам использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ); по степени необходимости удовлетворения потребностей населения в «Объектах деятельности» и их функциональному назначению [4].

Природные формы движения материи как в пространственных пределах бассейновой геосистемы и ее составной части ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» подразделяются на три группы: - физическую, химическую, биологическую (геофизика бассейновой геосистемы и ее локальных участков, геохимия и гидрохимия водного объекта, биотика бассейновой геосистемы, ее локальных участков и водного объекта).

Пространственная структура бассейновой геосистемы и ее локальных частей в виде ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» определяется характером расположения входящих природных и техногенных компонентов, а также проживающего населения по отношению к водному объекту. Пространственная структура в свою очередь подразделяется на территориальную и вертикальную и временную.

Территориальная структура отражает характер расположения на земной поверхности всех природных и техногенных компонентов, а также всех элементов гидрографической сети водного объекта.

Вертикальная структура отражает ярусное расположение природных и техногенных компонентов в горной и пригодной частей бассейновой геосистемы, а также проживающее население.

Временная структура отражает характер упорядоченного расположения природных и техногенных компонентов и их состояний в зависимости от периодов года их функционирования.

Важным классификационным показателем ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» является устойчивость, обуславливающее в себе способность ПТС «Природная среда - Объект деятельности -

Население» в целом и ее внутренних экосистем при воздействии различных природных и техногенных факторов сохранять или восстанавливать динамическое равновесие или сбалансированность взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений между природными и техногенными компонентами, а также параметров состава, структуры, состояния и свойств составляющих компонентов.

Устойчивость ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» и окружающей их внешней среды – пространственных процессов бассейновых геосистем определяют по конкретному воздействию, к примеру, - химическому загрязнению водного объекта, физическому воздействию на природные компоненты и т.д. Так, устойчивость водного объекта в составе ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» к химическому загрязнению определяются способностью к самоочищению от поступающих продуктов загрязнения, как к свободной территории, так и непосредственно от «Объекта деятельности». Критериями, характеризующими химическую устойчивость экосистем водного объекта являются: - скорость выноса и транспортировка химических веществ из почвогрунтов водосборной территории, емкость поглощающего комплекса почв, транспортировка и аккумуляция химических веществ речным стоком, разность ПДК факторов на экосистемы водных объектов определены три базовые группы факторов, от которых в значительной степени зависит устойчивость водных экосистем от загрязнения: - характер техногенного загрязнения (постоянное, периодическое), совместимость (совпадает и не совпадает) загрязнения с ведущими ландшафтно-геологическими на водосборе и русловыми непосредственно на водном объекте процессами, состав и расположение водосборной территории относительно водного объекта [3].

Устойчивость ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» и окружающей их природной среды определяется климатическими условиями (параметрами микроклимата), морфометрическими характеристиками рельефа водосборной территории, гидрологическими характеристиками стока (поверхностного, подземного), балансов отвода и сброса вод в водный объект, а также наличием различных гидротехнических сооружений [3].

Физически нагрузки на ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» в пространственных пределах бассейновых геосистем проявляются на практике в виде процессов водной и ветровой эрозии почвогрунтов на водосборе, устройством рекреационных зон для отдыха, наличием транспортных магистралей обуславливающих собой шум, электромагнитные поля, тепловые излучения и другие негативные факторы.

Целостная устойчивость ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» и окружающей их природной среды в пределах бассейновых геосистем и непосредственно самого водного объекта зависит от устойчивости отдельных компонентов и оценивается качественно (в балах), а количественно только на локальном уровне [2].

Исходя из единства действий Природы и различных видов хозяйственной деятельности, в том числе деятельности по использованию водных ресурсов и защиты территорий от негативных воздействий природных вод,

создаваемые ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» могут быть «экологически приемлемыми и экологически неприемлемыми» по отношению к окружающей природной среде в пределах рассматриваемой бассейновой геосистемы [1].

«Экологическая приемлемость» объекта (объектов) деятельности в ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» определяется востребованностью окружающей природной средой в пространственных пределах бассейновой геосистемы, которая обуславливается рациональной целенаправленностью «Объекта деятельности» обеспечивающего совместную с природными компонентами самоорганизацию структурных взаимосвязей, взаимодействий, взаимоотношений и оптимально отражает действия природной среды на основе самоуправления и восприятия механизмов преобразования природной среды. Принцип «экологической приемлемости» «Объекта деятельности» в пространственных пределах бассейновой геосистемы обуславливает собой доминирование естественных процессов взаимосвязей; взаимодействий и взаимоотношений над субъективными решениями, т.е. проводимая хозяйственная деятельность не должна выходить из естественной системы обмена веществ, энергией и информацией, которая эволюционно сложилась в рассматриваемых пространственных пределах бассейновой геосистемы. Вектор проводимой хозяйственной деятельности по использованию водных ресурсов или защиты территорий от негативного воздействия природных вод должен совпадать с вектором непрерывной самоорганизации природной среды в пределах рассматриваемой бассейновой геосистемы.

«Экологическая неприемлемость» «Объекта деятельности» в ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» обуславливается диаметрными показателями востребованности, рациональной целенаправленностью, самоорганизации и направленностью вектора хозяйственной деятельности. Взаимодействие «Объективного» в виде природной среды с «субъективным» в виде «Объекта деятельности» обуславливает собой экологические проблемы, решение которых определяется доминированием «объективного» над «субъективным».

По степени удовлетворения в жизненно необходимых потребностях населения в «Объектах деятельности» в составе ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» классифицируются на: - первостепенные, необходимые и второстепенные [2].

К первостепенным «Объектам деятельности» относятся такие, без которых жизнедеятельность населения в пределах зоны их влияния не отвечает современным санитарно-гигиеническим и эколого-экономическим требованиям, это системы: водоснабжения и водоотведения, сельскохозяйственного производства, защиты территорий от наводнений и подтоплений, водной эрозии и селевых потоков.

К необходимым «Объектам деятельности» относятся объекты, которые способствуют росту возможностей населения по удовлетворению своих потребностей: - по использованию ВИЭ для выработки электрической энергии и других целей.

К второстепенным «Объектам деятельности» в «Природная среда - Объект деятельности - Население» относятся объекты, связанные с окультуриванием ландшафтов, обустройством рекреационных зон и т.п.

Как свидетельствуют реалии жизнедеятельности, к примеру, бассейновой геосистемы Верхней Кубани удовлетворение в жизненно необходимых потребностях населения проживающее в зонах влияния «Объектов деятельности» в создаваемых ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» по своей сущности обуславливают их функциональную целенаправленность, которые по назначению подразделяются: - внутрибассейнового регулирования стока; внутрибассейнового перераспределения стока; повышения эффективности сельскохозяйственного производства (мелиорация земель); рекультивация земель; водоснабжение и водоотведение в промышленном и сельскохозяйственном производствах и коммунально-бытовой сфере; обустройство свалок ТБО и промышленных жидких отходов; обустройство рекреационных зон отдыха на локальных территориях; окультуривание ландшафтов на локальных территориях; использование ВИЭ (гидроресурсов, ветровой, термальных вод, биотоплива от сельхозпроизводства, морских волн и приливов) для выработки электрической энергии; защита территорий и населения от затопления защита территорий от подтопления; защита территорий и населения от оползневых явлений и селейных потоков; защита территорий от

водной эрозии почвогрунтов; регулирования руслоформирующими процессами речного русла.

Обобщенная схема классификации ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» по системным признакам представлена на рис. 2.

Функционирование и развитие ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» в пространственных пределах бассейновых геосистем определяется процессами взаимодействия, взаимосвязи и взаимоотношения между природными и техногенными компонентами. Направленность во времени и пространстве развития и функционирования определяется состоянием ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население». Состояние ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» определяется балансовым соотношением свободной $E_{свб}$ и связанной $E_{свз}$ энергии, которое обуславливается антидиссипативным и диссипативными внутрисистемными процессами. Функционирование и развитие ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» в пространственных пределах бассейновой геосистемы при $E_{свб} > E_{свз}$ будет устойчивое, а при $E_{свб} < E_{свз}$ неустойчивое.

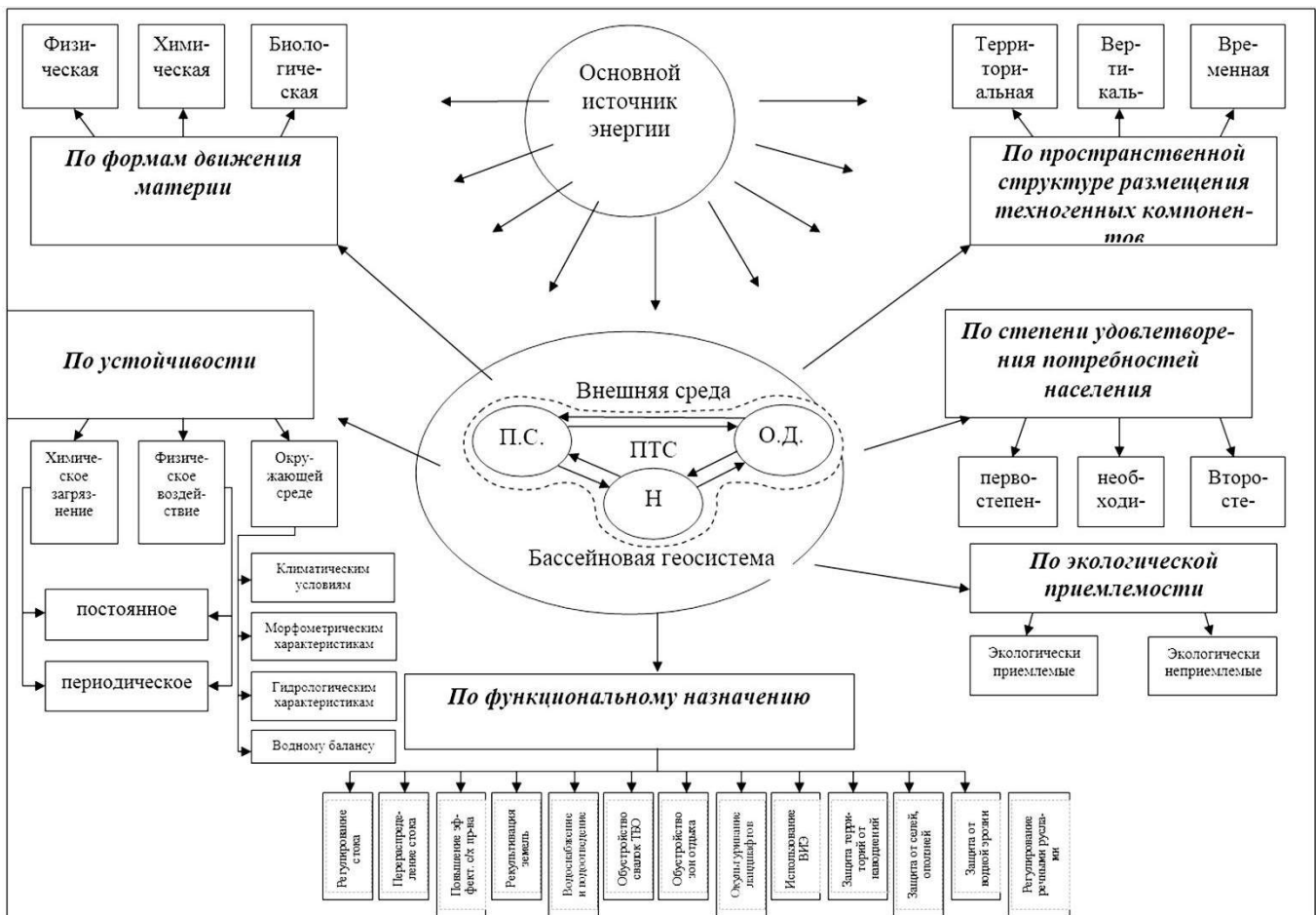


Рисунок 2 Схема классификации ПТС по системным признакам

Допустимое экологическое состояние ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население», как устойчивое функционирование и развитие при $E_{свб} > E_{свз}$, обуславливается доминированием естественных процессов взаимодействий, взаимосвязей и взаимоотношений определяется тенденцией снижения темпов роста энтропии.

Недопустимое экологическое состояние ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» при доминировании искусственных процессов взаимодействий, взаимосвязей и взаимоотношений при $E_{свб} < E_{свз}$ определяется тенденцией увеличения роста энтропии.

Функционирование и развитие ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» в пространственных пределах бассейновых геосистем базируется на постоянном обмене энергией с окружающей средой.

В системном понимании эволюционное развитие систем на любом иерархическом уровне определяется симметричностью происходящих процессов и явлений: - причина – следствие; диссипация - антидиссипация; порядок-хаос; сохранение-изменение; обратимые – необратимые процессы; устойчивое - неустойчивое движение; тенденция снижения уровня организации – тенденция повышения уровня организации; повышение уровня энтропийности – снижение уровня энтропийности; прошлое – будущее; пространство- время.

При проектировании ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население»; объединяющих природные среды и хозяйственную деятельность, должны учитываться также известные принципы функционирования природных систем:

- локальности, следование которому позволяет адаптировать хозяйственную деятельность. К локальным природным факторам, ограничивающим развитие региона, снизить негативное воздействие на природную среду;
- каскадирования и рециклирования энергии и материальных ресурсов, передача которых между элементами (участниками) сложной системы обеспечивает полноту их использования;
- разнообразия, означающий создание кооперативных связей между участниками, производящими энергию и материальные ресурсы, и конкретными потребителями и муниципальными образованиями как наиболее заинтересованными в экономическом росте и сохранении окружающей природной среды. Он предполагает разнообразие участников регионального рынка природных ресурсов;
- постепенности изменении, позволяющий скоординировать быстрые, опережающие изменения в со-

циальной, промышленной сфере с темпами эволюции природных систем;

- принцип Ла-Шателье-Брауна: техногенное воздействие на природную среду должно соответствовать законам устойчивости биосферы.

Вышеотмеченные принципы следует дополнить критериальными принципами экономической (коммерческой) эффективности, вытекающему из сочетания предпринимательской деятельности и необходимостью выполнения экологических требований (экологической безопасности), а также экологической эффективности, характеризующей степень влияния ПТС «Природно-технических систем» на качество окружающей среды. Изложенные методологические основы функционирования ПТС позволят системно и комплексно решать хозяйственные и экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов и защитой от негативных воздействий природных вод.

Библиографический список литературы

1. Бондаренко В.Л., И.С. Румянцев, В.А. Волосухин. Природообустройство: Территория бассейновых геосистем Учебное пособие. для вузов – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д., 2009 – 555 с.
2. Бондаренко В.Л., Приваленко В.В., Кувалкин А.В., Прыганов С.Г., Поляков Е.С. Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани) Монография. РАН южный научный центр, Ростов н/Д - Черкесск 2009 с. 360
3. Бондаренко В.Л., Гутенев В.В., Приваленко В.В. Основы методологии оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) водохозяйственных объектов Юг России экология, развитие № 1 2008. – С. 44-53
4. Бондаренко В.Л., Приваленко В.В., Скибин Г.Н., Азаров В.Н. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: экологическая инфраструктура бассейновых геосистем; Монография. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012 – 308 с.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ФАЗ ОБМОТКИ СТАТОРА НА ТЯГОВОЕ УСИЛИЕ ЛИНЕЙНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Логачева Алла Григорьевна

аспирант, Казанский государственный энергетический университет, Казань

Вафин Шамсумухамет Исламивич

доктор техн. наук, профессор, Казанский государственный энергетический университет, Казань

Гибадуллин Рамил Рифатович

ассистент, Казанский государственный энергетический университет, Казань

Копылов Андрей Михайлович

инженер, Казанский государственный энергетический университет, Казань

THE EFFECT OF THE STATOR WINDING PHASE NUMBER ON THE TRACTIVE FORCE OF LINEAR SYNCHRONOUS MOTOR

Logacheva Alla, Post-graduate student, Kazan State Power Engineering University, Kazan

Vafin Shamsuhamet, Doctor of Technical Sciences, professor, Kazan State Power Engineering University, Kazan

Gibadullin Ramil, Assistant, Kazan State Power Engineering University, Kazan

Kopylov Andrey, Engineer, Kazan State Power Engineering University, Kazan

АННОТАЦИЯ

В работе выполнено исследование влияния количества фаз обмотки статора линейного двигателя на развиваемое тяговое усилие. С применением теории магнитных цепей были получены графики распределения силы,

действующей на подвижный элемент двигателя, для количества фаз статора 3, 9 и 15. Результаты расчета показали, что увеличение количества фаз в рассматриваемом случае не дает выигрыша в тяговом усилии, но может быть целесообразно при большом пути перемещения индуктора и большой скорости перемещения.

ABSTRACT

In this paper the effect of the stator winding phase number on the tractive force of the linear motor was studied. With the application of the theory of magnetic circuits graphs of the distribution of the force acting on the movable element of the motor were obtained relatively to the stator phase numbers which were 3, 9 and 15. The calculation results showed that increasing the number of phases in case under consideration does not benefit in the traction force, but it may be feasible for a large displacement path and high speed case.

Ключевые слова: многофазный линейный двигатель; тяговая сила

Keywords: multiphase linear motor; tractive force

Развитие промышленности, стремительная урбанизация и растущее число транспортных средств сопровождается повышенным потреблением электроэнергии. С каждым годом в строй вводится все больше энергетических мощностей и потребляется больше топлива. С другой стороны ограничительным фактором выступает невозобновляемость основных энергоносителей (нефть, уголь, газ). Это накладывает определенный отпечаток на требования, предъявляемые к внедряемым и используемым технологическим комплексам. Электрический привод, заняв лидирующее место в промышленности и тяге с 19 века, в настоящее время является крупным потребителем электроэнергии и топлива. В связи с этим ведется непрерывный процесс улучшения и технического усовершенствования электрического привода. В последнее время возрос интерес к линейным электрическим машинам, а именно к их использованию для оптимизации параметров привода, где поступательное движение преобразуется во вращательное (транспортные средства и автономные источники электроэнергии) [1, 2, 3, 4]. Исключение

кривошипно-шатунного узла в дизель-генераторах и автомобилях обеспечивает такие преимущества, как отсутствие потерь на трение и износ механических передач. Поиск путей повышения энергоэффективности линейных двигателей является одной из задач, решаемых в этой области. Исследования показали, что синхронные двигатели с использованием постоянных магнитов обладают наилучшими энергетическими характеристиками по сравнению с асинхронными и двигателями с обмоткой возбуждения [3, 5]. В области вращающихся электрических машин интерес вызывают многофазные машины, в которых количество фаз статора превышает 3 [6, 7]. Представляется интересным исследование влияния количества фаз статора на одну из важнейших характеристик линейного двигателя – развиваемое тяговое усилие.

Рассмотрим элементарный участок двигателя линейного магнитного потока, представляющий собой два спаренных магнита (рисунок 1а).

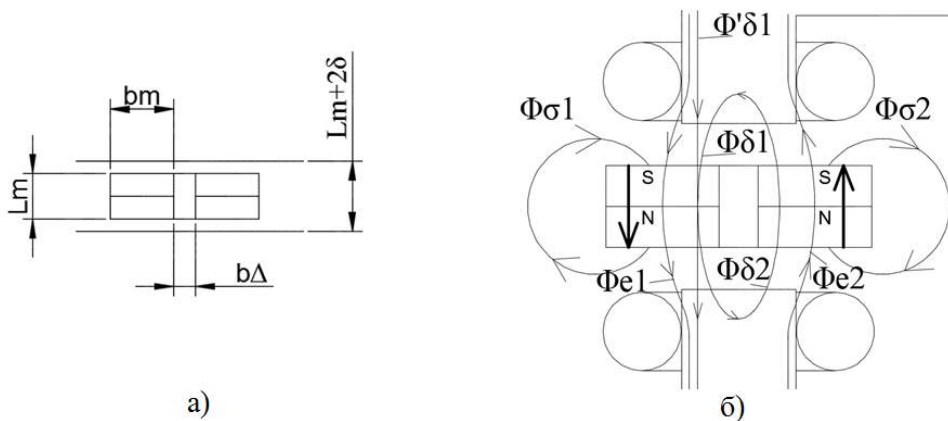


Рисунок 1. Индуктор линейного двигателя: а) элементарный участок магнитной системы индуктора; б) магнитные потоки рабочего пространства двигателя.

Рассматривая магнитную цепь двигателя, силу, действующую на индуктор, можно выразить через производные магнитных проводимостей, характерных для данного участка (рисунок 1б). Возможные виды проводимостей:

- проводимость рассеяния G_{σ} (поле Φ_{σ} не связано с обмоткой статора);
- проводимость краевого эффекта G_e (поле краевого эффекта Φ_e связано с обмоткой статора);
- эквивалентная проводимость магнита и воздушного зазора G_{Δ} (поле Φ_{δ}).

Сила, действующая на индуктор, запишется как [5, с.50]:

$$Q = Q_m + Q_w + Q_{mw}, \tag{1}$$

- где Q_m – сила, обусловленная действием магнита;
- Q_w – сила, обусловленная действием тока в обмотке;
- Q_{mw} – сила взаимодействия магнита и тока в обмотке.

При этом составляющая Q_w в формуле (1) на порядок меньше других составляющих и ею можно пренебречь [5, с.50]. Остальные составляющие вычисляются по следующим формулам:

$$Q_m = \frac{1}{k_\mu} \frac{d}{dx} G_1 x + G_2 x + k_\mu G_{1\sigma} x + k_\mu G_{2\sigma} x + 2k_\mu G_{12} x F_m^2 \quad (2)$$

где k_μ – коэффициент насыщения магнитной цепи;
 $G_1 x$, $G_2 x$ – магнитные проводимости для левого
 и правого магнита соответственно; $G_{12} x$ – магнитная
 проводимость между магнитами; F_m – намагничиваю-
 щая сила магнита.

$$Q_{mw} = \frac{1}{k_\mu} \frac{d}{dx} G_1 x - G_2 x F_m i_w W \quad (3)$$

где i_w – сила тока в обмотке; W – количество витков в
 обмотке.

В [5, с.74-75] показано, что наиболее простые усло-
 вия пуска и возвращения подвижного элемента, не требу-
 ющие дополнительных пружин, обеспечиваются, когда
 немагнитная прокладка $b\Delta$ между магнитами отсут-
 ствует (для этого случая $G_{12} x = 0$). Для оценки тяго-
 вой силы многофазного линейного двигателя построим
 график ее распределения в заданный момент времени в
 зависимости от координаты перемещения x и количества
 фаз двигателя.

Составляющие, входящие в формулы (2), (3), вычис-
 ляются следующим образом:

$$G_1 x = G_{e1} x + G_{\Delta 1} x \quad (4)$$

$$G_2 x = G_{e2} x + G_{\Delta 2} x \quad (5)$$

Эквивалентные проводимости $G_{\Delta 1}$ и $G_{\Delta 2}$ учи-
 тывают проводимость воздушного зазора δ и проводи-
 мость участка магнита, находящегося в зазоре магнито-
 провода.

$$G_{\Delta} x = \frac{\mu_0 l b x}{\pi a} \quad (6)$$

где $b x$ – часть магнита, находящаяся в магнитном за-
 зоре; a – параметр.

$$a = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\mu_0}{\mu_r} L_m + 2\delta \right) \quad (7)$$

где L_m – ширина магнита; δ – ширина воздушного за-
 зора.

Полная проводимость краевого эффекта на высту-
 пающей части магнита ограничена линией, разделяющей
 области потока краевого эффекта и потока рассеяния. Ра-
 диус $r_{e \max}$ определяет положение этой линии на вы-
 ступающей части магнита:

$$G_e x = \frac{\mu_0 l}{\pi} \int_{r_{e \min}}^{r_{e \max}} \frac{d\rho}{a + \rho} = \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{a + r_{e \max}}{a + r_{e \min}} \quad (8)$$

Проводимость потока рассеяния G_σ :

$$G_\sigma x = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \int_0^{r_\sigma} \frac{d\rho}{a + \rho} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{a + r_\sigma}{a} \quad (9)$$

Радиусы $r_{e \max}$, $r_{e \min}$ и r_σ , ограничивающий
 зону потоков рассеяния, являются функциями коорди-
 наты перемещения x .

Линия раздела потоков Φ_σ и Φ_e всегда распо-
 лагается так, чтобы суммарная проводимость
 $G_e x + G_\sigma x$ имела максимальное значение.
 Определить положение данной линии можно, решив
 уравнение:

$$\frac{d}{d\lambda} G_e x + G_\sigma x = 0 \quad (10)$$

где λ – некоторый параметр.

Методика расчета силы основана на разделении
 пути магнитов на несколько характерных участков. При
 выделении отдельных участков движение левого и пра-
 вого магнитов рассматривается поочередно.

На рисунке 2 изображен первый участок движения

левого магнита при условии $b_w < b_m$. Данный участок
 движения левого магнита включает проводимость потока
 рассеяния $G_{1\sigma}$, проводимости потоков краевых эффек-
 тов G_{1e} , G'_{1e} и эквивалентную проводимость $G_{1\Delta}$,
 которые в соответствии с формулами (6)-(9) вычисляются
 следующим образом:

$$G_{1\Delta} = \frac{\mu_0 l b_{1\delta}}{\pi a}$$

где $b_{1\delta}$ – длина части магнита, находящейся между зуб-
 цами статора.

$$G_{1\sigma} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{a + r_{1\sigma}}{a}$$

$$G_{1e} = \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{a + r_{1e \max}}{a + r_{1e \min}}$$

$$G'_{1e} = \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{a + r'_{1e \max}}{a + r'_{1e \min}}$$

На рисунке 2 показано начальное положение маг-
 нита при $x = 0$. В этой точке поток рассеяния $G_{1\sigma}$ еще
 не появился и $r_{1\sigma} = 0$. При этом проводимости
 $G_{1e} = G'_{1e}$, что обеспечивает максимум суммы Φ_{1e}

и Φ'_{1e} . Со смещением магнита влево на определенную величину $r_{1\sigma} > 0$ и $G_{1\sigma} \neq 0$. Проводимость сохраняет свое максимальное значение G_{1e} ($r_{1e \max} = 0,5b_w$), а проводимость G'_{1e} уменьшается до тех пор, пока совсем не исчезнет. На данном участке:

$$b_{1\delta} = b_m - b_w + x$$

$$r_{1e \max} = 0,5b_w$$

$$r_{1e \min} = 0$$

$$r'_{1e \max} = 0,5b_w$$

На следующем участке (рисунок 3) проводимости G_{1e} и $G_{1\sigma}$ обеспечивают максимум суммы Φ_{1e} и $\Phi_{1\sigma}$. Величины $r_{1e \max}$ и $r_{1\sigma}$, определенные из условия $\Phi_{1e} + \Phi_{1\sigma} = \max$, равны:

$$r_{1e \max} = \frac{2b_1}{3} + \frac{a}{3} = \frac{2b_w - x}{3} + \frac{a}{3},$$

где $b_1 = b_w - x$ - длина части магнита, находящаяся в зазоре между пазами.

$$r_{1e \min} = 0$$

$$r_{1\sigma} = \frac{b_1}{3} - \frac{a}{3} = \frac{b_w - x}{3} - \frac{a}{3}.$$

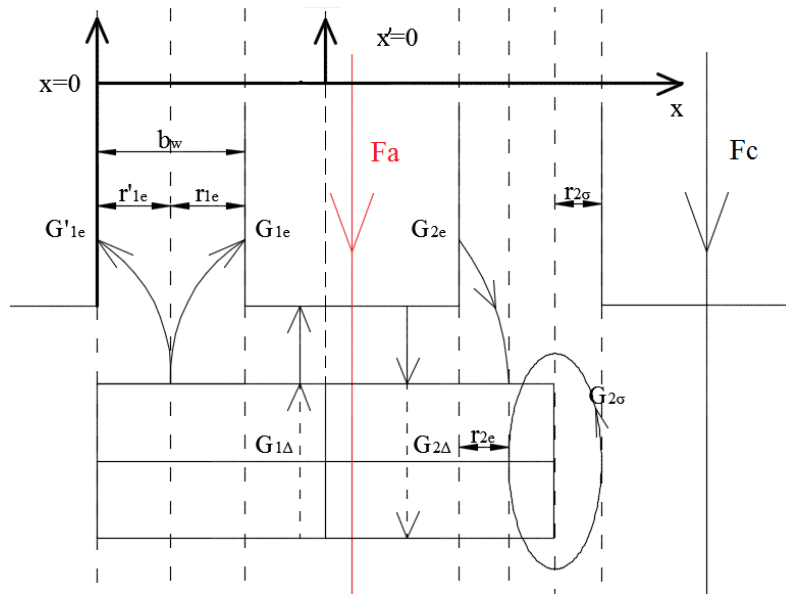


Рисунок 2. Первый участок движения при условии $b_w < b_m$.

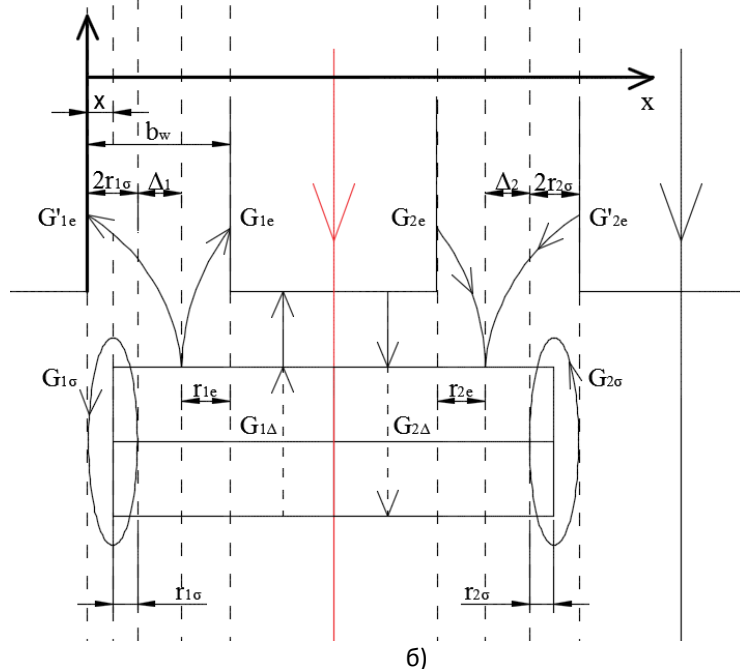


Рисунок 3. Второй участок движения при условии $b_w < b_m$.

Рассуждая подобным образом, на оси Ox можно выделить несколько участков с характерными точками-границами для левого и правого магнитов.

В общем случае движение магнита внутри статора с многофазной обмоткой иллюстрирует рисунок 4, на котором для примера показана трехфазная обмотка.

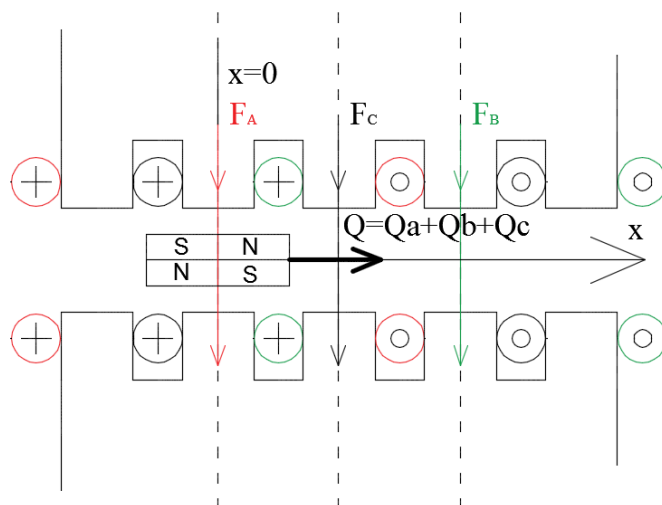


Рис.4. Магнитная система трехфазного линейного двигателя.

Проводимости G_e, G_Δ входят в состав силы Q_{mw} с учетом их сцепленности с потоком обмотки соответствующей фазы.

Обмотки фаз на статоре расположены согласно следующему правилу. Начало фазы расположено в пазу № $2n-1$, конец фазы в пазу № $2n-1+m$, где n –

номер фазы. Если $2n-1+m > 2m$, конец фазы располагается в пазу № $2n-1-m$.

Графики распределения силы тяги Q для магнитной системы с параметрами, приведенными в таблице 1, показаны на рисунке 5.

Таблица 1

Исходные данные для расчета силы тяги.

№	Параметр	Значение	Единицы измерения
1	Количество магнитов на индукторе	2	
2	Ширина паза статора b_w	20	мм
3	Ширина зубца статора b_a	20	мм
4	Ширина полюса магнита b_m	20	мм
5	Количество витков в обмотке фазы w	450	
6	Амплитуда тока в фазе I_m	10	А
7	Сила магнита F_m	2250	А
8	Количество фаз статора m	3, 9, 15	
9	Частота тока статора f	50	Гц
10	Момент времени t	0	с
11	Коэффициент насыщения магнитной цепи k_μ	1,1	
12	Ширина магнита L_m	3	мм
13	Ширина воздушного зазора δ	0,5	мм
14	Магнитный коэффициент μ_r	$13,3 \cdot 10^{-7}$	Гн/м
15	Магнитная постоянная μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	Гн/м
16	Длина магнита l по окружности	188	мм

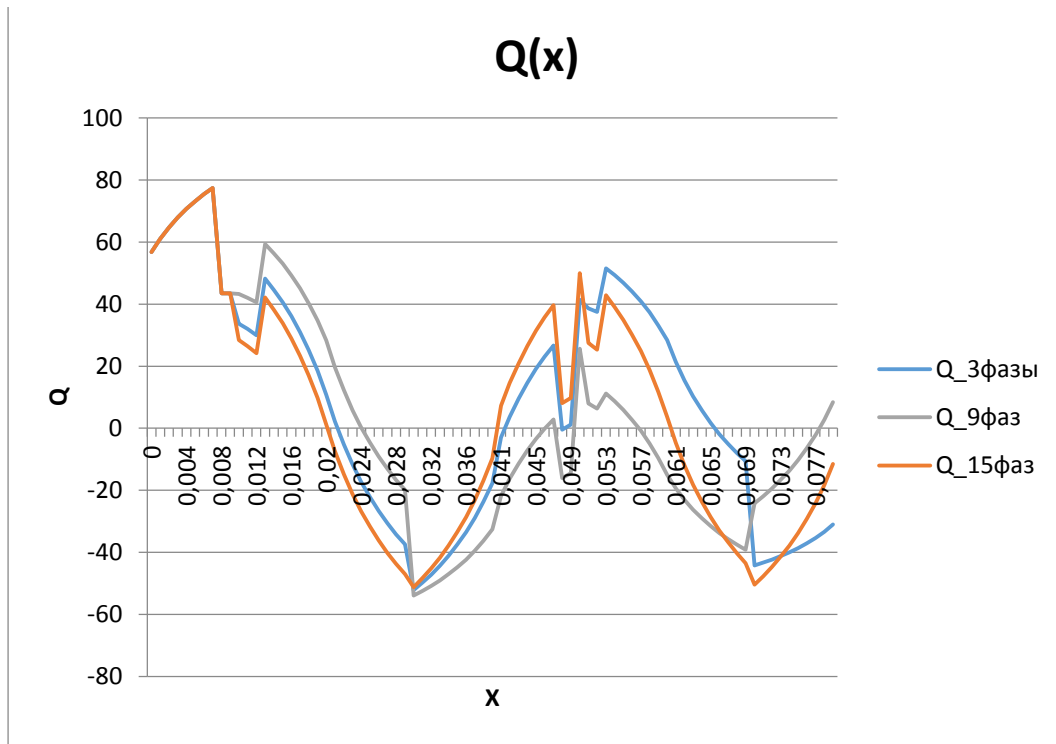


Рис.5. График силы $Q(x)$ для линейного двигателя с количеством фаз на статоре $m=3$, $m=9$ и $m=15$ и 1 комплектом обмоток.

Полученные результаты показывают, что увеличение количества фаз при рассмотренном способе размещения обмотки не дает выигрыша в величине силы. Тем не менее, при необходимости перемещения индуктора на большую длину на статоре необходимо укрепить несколько комплектов трехфазных обмоток по длине. Линейная скорость в этом случае будет равна:

$$v = 2\tau f = \frac{L_s}{p} f,$$

где τ – полюсное деление; L_s – длина статора; p – количество полюсов (эквивалентно количеству комплектов трехфазных обмоток).

При необходимости увеличения скорости перемещения потребуется увеличить частоту тока в обмотках, что приведет к увеличению потерь на перемагничивание. Увеличение количества фаз позволяет не повышать частоту тока в обмотках и уменьшить количество комплектов обмоток. Так одна 9-фазная обмотка, эквивалентная по длине трем 3-фазным обмоткам, может обеспечивать скорость перемещения индуктора 3 раза большую при той же частоте тока в обмотке.

Таким образом, увеличение количества фаз может быть целесообразным при большой длине перемещения индуктора и требуемой высокой скорости.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», соглашение о предоставлении субсидии от «20» октября 2014 г. № 14.577.21.0121, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0121.

Список литературы

1. Carter D., Wechner E. The Free Piston Power Pack: Sustainable Power for Hybrid Electric Vehicles. SAE Technical Paper 2003-01-3277, 2003, doi:10.4271/2003-01-3277.
2. Высоцкий В.Е., Тарашев С.А., Синицин А.П., Злобина Е.К., Миненко С.И. Разработка и проектирование линейных генераторов с постоянными магнитами для автономных электроэнергетических комплексов // Известия ЮФУ. Технические науки. С.31-36.
3. Сарапулов Ф.Н., Сарапулов С.Ф., Шымчак П. Математические модели линейных индукционных машин на основе схем замещения: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001.
4. Логачева А.Г., Вафин Ш.И., Ившин И.В., Сафин А.Р. Обоснование выбора конструкции обратимой электрической машины возвратно- поступательного движения // Proceedings of the 3rd International conference on Eurasian scientific development. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 157- 165.
5. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. – СПб.: КОРОНА принт, 2008.
6. А.В. Бражников, И.П. Белозеров, И.И. Рафальский. Многофазный асинхронный инверторный электропривод с улучшенными пусковыми качествами // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7 – С. 133-137
7. Archana Nanoty, A. R. Chudasama. Control of Designed Developed Six Phase Induction Motor // International Journal of Electromagnetics and Applications 2012, 2(5): 77-84

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Лутьянов Александр Владимирович

кандидат технических наук, доцент, Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики МГТУ МИРЭА, г. Москва

CHOOSING THE BEST OPTION TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Loutianov Alexandr, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Moscow State Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation, Moscow

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены проблемы анализа оптимального варианта технологической операции. Проанализированы основные характеристики инвестиционных проектов в технологический процесс (на примере операции растачивания основных отверстий корпусных деталей). Выявлена и обоснована необходимость применения теории дисконтирования при экономическом анализе целесообразности замены средств технологического оснащения операции на производстве. На основе проведенного анализа автором предлагается пример расчета эффективности технологической операции, формулируются основные характеристики эффективности технологической операции.

ABSTRACT

This article describes the problems of the analysis of optimal variant of technological operations. Analyzes the main characteristics of the investment projects in the manufacturing process (for example, major surgery boring holes of case parts). Identified and the necessity of applying the theory of discounting in the economic analysis of the feasibility of replacement of technological equipment in production operations. Based on the analysis the author provides an example of calculating the efficiency of technological operations, with the main performance characteristics of technological operations.

Для анализа оптимального варианта предлагаемой оснастки для операции растачивания отверстий с учетом требуемых параметров качества и производительности обработки использовали теорию приведенных затрат для этих двух вариантов обработки. Оптимальным признан тот вариант, который имеет наименьшие приведенные затраты. Приведенные затраты складываются из себестоимости обработки и доли капитальных вложений, которые пришлось затратить на растачивание в приспособлениях [1].

Затраты на проектирование приспособления определяются по нормативам с учетом степени сложности его конструкции, которая зависит от числа конструктивных

элементов ($KЭ$) $n_{KЭ}$ в конструктивной компоновке приспособления, а именно $K_n = f(n_{KЭ})$.

Затраты на изготовление приспособления складываются из всех покупных и изготавливаемых конструктивных элементов:

$$K_n = \sum_p C_p + \sum_r (C_{mr} \cdot m_r + C_{tr} \cdot \tau_r),$$

где P – номер покупного $KЭ$; C_p – стоимость P -го покупного $KЭ$, руб;

r – номер изготавливаемого $KЭ$; C_{mr} и m_r – стоимость единицы массы материала и масса r -го изготавливаемого $KЭ$;

C_{tr} и τ_r – нормированная стоимость 1 минуты и трудоемкость изготовления r -го $KЭ$, мин.

Сделан прогноз, что инвестиция (IC) будет генерировать в течение n лет, годовые доходы в размере

P_1, P_2, \dots, P_n . Общая накопленная величина дисконтированных доходов (PV) и чистый приведенный эффект (NPV) соответственно рассчитываются по формулам:

$$PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k}, \quad NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC$$

Очевидно, что если:

$NPV > 0$, то проект следует принять; $NPV < 0$, то проект следует отвергнуть; $NPV = 0$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

При прогнозировании доходов по годам необходимо по возможности учитывать все виды поступлений разного характера, которые могут быть ассоциированы с данным проектом. Так, если по окончании периода реализации проекта планируется поступление средств в виде ликвидационной стоимости оборудования или высвобождения части оборотных средств, они должны быть учтены как доходы соответствующих периодов [2].

Еще одним стандартным методом оценки эффективности инвестиционных проектов является метод определения внутренней нормы рентабельности проекта (internal rate of return, IRR), т.е. такой ставки дисконта, при которой значение чистого приведенного дохода равно нулю. $IRR = r$, при котором $NPV = f(r) = 0$.

Любое предприятие финансирует свою деятельность, в том числе и инвестиционную, из различных источников. В качестве платы за пользование авансированными в деятельность предприятия финансовыми ресурсами оно уплачивает проценты, дивиденды, вознаграждения и т.п., т.е. несет некоторые обоснованные расходы на поддержание своего экономического потенциала. Показатель, характеризующий относительный уровень этих расходов, можно назвать "ценой" авансированного капитала (CC). Этот показатель отражает сложившийся на

предприятию минимум возврата на вложенный в его деятельность капитал, его рентабельность и рассчитывается по формуле средней арифметической взвешенной. Путем взаимной замены коэффициентов r_1 и r_2 аналогичные

условия выписываются для ситуации, когда функция меняет знак с "-" на "+". Тогда нормы доходности проекта определяется следующим методом.

Таблица 1

Модифицированная внутренняя норма доходности (*MIRR*)

Период	<i>COF</i>	$(1+i)^{-t}$	<i>COF</i> · $(1+i)^{-t}$	$(1+i)^{N-t}$	<i>CIF</i> · $(1+i)^{N-t}$
0	-420 000,00	1,0000	-420 000,00	-	-
1	-	-	-	0,8696	415 234,78
2	-	-	-	0,7561	389 051,04
3	-	-	-	0,6575	586 977,89
4	-	-	-	0,5718	510 415,56
5	-	-	-	0,4972	454 976,37
6	-	-	-	0,4323	395 631,63
7	-	-	-	0,3759	350 523,70
8	-	-	-	0,3269	304 803,21
Итого	-420 000,00	PV=	-420 000,00	TV=	3 407 614,18

Индекс рентабельности (*PI*) рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k}}{IC}$$

Очевидно, что если:

$PI > 1$, то проект следует принять; $PI < 1$, то проект следует отвергнуть;

$PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный [3].

В отличие от чистого приведенного эффекта индекс рентабельности является относительным показателем. Благодаря этому он очень удобен при выборе одного проекта из ряда альтернативных, имеющих примерно одинаковые значения *NPV*, либо при комплектовании портфеля инвестиций с максимальным суммарным значением *NPV*.

Таблица 2

Расчет критериев эффективности, показателей окупаемости и рентабельности

№	Показатель	Значение
1.	Чистая приведенная стоимость (<i>NPV</i>), руб	2 987 614,18
2.	Внутренняя норма прибыли (<i>IRR</i>), %	133,88%
3.	Модифицированная внутренняя норма доходности (<i>MIRR</i>), %	49,40%
4.	Рентабельность, %	81,34%
5.	Статический срок окупаемости, лет	2,32
6.	Динамический срок окупаемости, лет	4,13

Несмотря на то, что в исследовании авторами была определена эффективность внедрения разработанного приспособления с точки зрения снижения трудоемкости, себестоимости и оценки инвестиционных вложений с учетом и без учета инфляционных факторов, это является необходимым, но не достаточным условием, следовательно, была выявлена необходимость определения показателей качества на основе экспертных оценок и расчета интегральных показателей.

Для оценки показателей качества разработанного приспособления был выбран станок модели 2620ВФ1, на который устанавливается разработанное приспособление (вариант 2). Сравнение проводили с УСПО, устанавливаемом на станок вышеуказанной модели для обработки корпусных деталей (вариант 1).

Для оценки конкурентоспособности использовали матричные методики оценки показателей качества [4]. Анализ проводили с использованием интегральных показателей.

1. Коэффициент весомости показателей качества (M_i):

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}}$$

где x_{ij} – оценка i -го свойства j -м экспертом; m – количество экспертов; n – количество свойств.

Таблица 3

Некоторые характеристики сравниваемых вариантов

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
Точность обработки, квалитет	8	6
Трудоемкость, мин	180,2	65,9
Масса, кг, не более	500	500
Цена изготавливаемой детали, руб.	37000	37000
Цена приспособления, руб.	100000	520000
Себестоимость изготавливаемой детали, руб.	23220,8	14209,9

$$M_1 = \frac{9+8+7+9+8}{248} = 0,165 \quad ; \quad M_2 = \frac{8+9+7+7+9}{248} = 0,161 \quad ; \quad M_3 = \frac{3+4+4+3+5}{248} = 0,077 \quad ;$$

$$M_4 = \frac{4+5+3+3+5}{248} = 0,077 \quad ; \quad M_5 = \frac{9+8+8+6+7}{248} = 0,153 \quad ; \quad M_6 = \frac{3+4+3+5+5}{248} = 0,081 \quad ;$$

$$M_7 = \frac{5+5+4+4+3}{248} = 0,085 \quad ; \quad M_8 = \frac{4+3+3+4+3}{248} = 0,069 \quad ; \quad M_9 = \frac{8+7+6+6+6}{248} = 0,133$$

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Расчет коэффициентов весомости проекта

№ п/п	Оценки экспертов (баллы)					Коэффициент весомости
	1.	2.	3.	4.	5.	
1.	9	8	7	9	8	0,165
2.	8	9	7	7	9	0,161
3.	3	4	4	3	5	0,077
4.	4	5	3	3	4	0,077
5.	9	8	8	6	7	0,153
6.	3	4	3	5	5	0,081
7.	5	5	4	4	3	0,085
8.	4	3	3	4	3	0,069
9.	8	7	6	6	6	0,133

2. Коэффициент значимости экспертных оценок:

$$K' = \frac{\bar{M}}{M}, \quad \bar{M} = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij} \right) = \frac{248}{5} \cdot 9 = 5,5 \quad ; \quad K'_1 = \frac{5,5}{0,165} = 33,33; \quad K'_2 = \frac{5,5}{0,161} = 34,16;$$

$$K'_3 = \frac{5,5}{0,077} = 71,42; \quad K'_4 = \frac{5,5}{0,077} = 71,42; \quad K'_5 = \frac{5,5}{0,153} = 35,95; \quad K'_6 = \frac{5,5}{0,081} = 67,90; \quad K'_7 = \frac{5,5}{0,085} = 64,71;$$

$$K'_8 = \frac{5,5}{0,069} = 79,71; \quad K'_9 = \frac{5,5}{0,133} = 41,35.$$

3. Расчет уровня конкурентоспособности исследуемых образцов (Q_i) по дифференциальному методу:

$$Q_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_{i_0}},$$

где Π_i - значение показателя оцениваемой продукции;

Π_{i_0} - базовое значение показателя продукции.

Уровень показателей качества варианта 1.

$$Q_1 = \frac{3}{15} = 0,2 \quad ; \quad Q_2 = \frac{3}{10} = 0,3 \quad ; \quad Q_3 = \frac{1}{1} = 1$$

$$Q_4 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_5 = \frac{2}{6} = 0,33 \quad ; \quad Q_6 = \frac{1}{1} = 1$$

$$Q_7 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_8 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_9 = \frac{1}{1,7} = 0,59$$

Уровень показателей качества варианта 2:

$$Q_1 = \frac{15}{3} = 5 \quad ; \quad Q_2 = \frac{10}{3} = 3,33 \quad ; \quad Q_3 = \frac{1}{1} = 1$$

$$Q_4 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_5 = \frac{6}{2} = 3 \quad ; \quad Q_6 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_7 = \frac{1}{1} = 1$$

$$Q_8 = \frac{1}{1} = 1 \quad ; \quad Q_9 = \frac{1,7}{1} = 1,7$$

Таблица 5

Расчет показателей качества

№	вариант 1	вариант 2	Уровень показателей качества
1.	3	15	5
2.	3	10	3,33
3.	1	1	1
4.	1	1	1
5.	2	6	3
6.	1	1	1
7.	1	1	1
8.	1	1	1
9.	1	1,7	1,7

4. Расчет комплексного группового показателя конкурентоспособности (K_i):

$$K_i = M_i \cdot Q_i,$$

где M_i - коэффициент весомости i -го показателя.

Комплексный групповой показатель качества варианта 1.

$$K_1 = 0,165 \cdot 0,2 = 0,033; K_2 = 0,161 \cdot 0,3 = 0,048;$$

$$K_3 = 0,077 \cdot 1 = 0,077; K_4 = 0,077 \cdot 1 = 0,077;$$

$$K_5 = 0,153 \cdot 0,33 = 0,05; K_6 = 0,081 \cdot 1 = 0,081;$$

$$K_7 = 0,085 \cdot 1 = 0,085; K_8 = 0,069 \cdot 1 = 0,069;$$

$$K_9 = 0,133 \cdot 0,59 = 0,078$$

Комплексный обобщенный показатель качества варианта 1:

$$K_{об} = 0,033 + 0,048 + 0,077 + 0,077 + 0,05 + 0,081 + 0,085 + 0,069 + 0,078 = 0,598.$$

Комплексный обобщенный показатель качества варианта 2:

$$K_{об} = 0,825 + 0,536 + 0,077 + 0,077 + 0,459 + 0,081 + 0,085 + 0,069 + 0,226 = 2,435.$$

6. Интегральный показатель конкурентоспособности (K_u):

$$K_u = \frac{K_{об}}{C},$$

где C - цена изготавливаемой детали, тыс. руб.

Интегральный показатель качества варианта 1:

$$K_u = \frac{0,598}{37} = 0,016$$

Интегральный показатель качества варианта 2:

$$K_u = \frac{2,435}{37} = 0,066$$

Расчет уровня качества приспособлений показал, что приспособление с аэростатическими опорами имеет высокое качество и уровень конкурентоспособности по сравнению с приспособлениями, применяемыми при расчистывании отверстий борштангой в кондукторных втулках.

Комплексный групповой показатель качества варианта 2.

$$K_1 = 0,165 \cdot 5 = 0,825; K_2 = 0,161 \cdot 3,33 = 0,536;$$

$$K_3 = 0,077 \cdot 1 = 0,077;$$

$$K_4 = 0,077 \cdot 1 = 0,077; K_5 = 0,153 \cdot 3 = 0,459;$$

$$K_6 = 0,081 \cdot 1 = 0,081;$$

$$K_7 = 0,085 \cdot 1 = 0,085; K_8 = 0,069 \cdot 1 = 0,069;$$

$$K_9 = 0,133 \cdot 1,7 = 0,226$$

5. Обобщенный показатель качества ($K_{об}$):

$$K_{об} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot Q_i.$$

Комплексный обобщенный показатель составил 2,435 и 0,598 соответственно.

Таким образом, по нашему мнению, основа для повышения качества обработки – это грамотное распределение дополнительных расходов на производство новых средств технологического оснащения (вариант 2) и правильная ценовая политика предприятия.

Литература

1. Лутьянов А.В. Приспособления с аэростатическими опорами для обработки корпусных деталей // СТИН. 2006. № 3. - С. - 14– 15.
2. Лимитовский М.А. Основы оценки инвестиционных и финансовых решений: - М.:ООО Издательско-Консалтинговая Компания «ДеКА», 1998. –232 с.
3. Вилеиский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. - М.: ДЕЛО, 2002. – 888 с.
4. Решецкий В. И. Экономический анализ и расчет инвестиционных проектов. - Калининград: ФГУИПП «Янтарный сказ», 2001. – 477 с.

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Лупорев Сергей Николаевич

Магистрант, Смоленский гуманитарный университет, г. Смоленск

Волосенков Владимир Олегович

доктор техн. наук, профессор, Военная академия войсковой ПВО ВС Российской Федерации, г. Смоленск

WAYS OF ENSURING INFORMATION SECURITY OF WEB APPLICATIONS

Luporev Sergey, master student, Smolensk humanitarian University, Smolensk

Volosenkov Vladimir, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Federation Armed Forces Army Air Defense Military Academy, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены наиболее распространённые уязвимости для пользователей веб-приложений. Для каждой уязвимости приведены способы обеспечения информационной безопасности веб-приложений.

ABSTRACT

The article discusses the most common vulnerability for users of web applications. For each vulnerability provides methods of ensuring information security of web applications.

Ключевые слова: модель обеспечения информационной безопасности, распределённая вычислительная система, критерий безопасности, система защиты информации.

Keywords: model of information security, distributed computing system, the criterion of security, information security system.

Стремительное развитие сети Интернет привело к значительному росту количества веб-приложений. Высокие темпы роста количества персональных компьютеров и расширение круга пользователей, имеющих непосредственный доступ к вычислительным ресурсам и массивам данных, уязвимость в программных и сетевых платформах, угрозы, связанные с потерями, искажениями и раскрытием данных, адресованных или принадлежащих конечным пользователям определяют актуальность проблемы информационной безопасности в сети Интернет [1].

Использование веб-браузера в качестве инструмента для универсального доступа к различным информационным системам является очевидным преимуществом Интернета и клиент-серверных приложений, роль которых в глобальной сети исполняют веб-приложения. Это преимущество по достоинству оценили как пользователи, так и разработчики, которые создали массу полезных, интересных, удобных и популярных сервисов. Однако такой формат взаимодействия приложения с пользователем имеет ряд трудностей. Социальные сети создают проблему безопасности актуальной для каждого из нас, ведь на пользовательских аккаунтах помимо публичной информации зачастую хранится информация конфиденциальная.

Государственные и частные организации, деятельность которых связана с их представительством в Интернете также находятся в группе риска. Успешная атака на веб-приложение может привести к получению злоумышленником доступа к бизнес-процессам и данным организации, что в свою очередь может способствовать появлению серьёзных проблем в нормальном функционировании, вплоть до её полной остановки. Одной из наиболее опасных угроз для пользователей веб-приложений является DDoS-атака [2, 3].

Появление порталов по предоставлению государственных услуг, увеличение объёма банковских операций через Интернет, необходимость хранения передачи и обработки информации, являющейся корпоративной либо государственной тайной, всё это делает проблему обеспечения информационной безопасности веб-приложений чрезвычайно важной.

Для информирования разработчиков веб-приложений об актуальных угрозах безопасности были созданы специальные проекты, одним из которых является Open Web Application Security Project (OWASP). OWASP представляет собой международное сообщество, состоящее из корпораций, образовательных организаций и частных лиц. Деятельность проекта направлена на обеспечение безопасности веб-приложений [4].

Рассмотрим наиболее распространённые уязвимости веб-приложений по версии OWASP и способы обеспечения информационной безопасности.

SQL injections.

Внедрение SQL предоставляет возможность злоумышленнику выполнить несанкционированное обращение к базе данных с помощью передачи в теле запроса произвольного SQL-кода. Основными способами борьбы с такими уязвимостями являются:

- фильтрация строковых параметров. Чтобы не допустить инъекции кода, строковые параметры должны быть помещены в кавычки, в самих параметрах необходимо экранировать специальные символы;
- фильтрация целочисленных параметров. Если параметр не является числом, запрос не должен выполняться;
- усечение входных параметров. Если максимальная длина корректного значения параметра невелика, то одним из методов защиты может быть максимальное усечение значений входных параметров;
- применение функции по автоматическому определению зарезервированных SQL слов и занесению IP в бан-лист. Можно использовать специальную функцию, которая будет заниматься подсчётом количества зарезервированных SQL слов, если количество превысит критическое значение, то скрипт будет остановлен, а IP с которого пришёл запрос будет заблокирован;
- использование «белых» списков для идентификаторов и ключевых слов. Если от пользователя приходит запрос с параметрами, которые невозможно поместить в кавычки, то необходим «белый» список, содержащий все разрешённые идентификаторы и ключевые слова. Он используется для фильтрации недопустимых значений. Некорректная аутентификация и управление сессией пользователя.

Проблема заключается в возможности перехвата злоумышленником сессии пользователя. Способы обеспечения информационной безопасности следующие:

- если cookie-файлы в браузере пользователя отключены, необходим запрет на передачу сессии через URL;
- если хранится или передаётся конфиденциальная информация, то применяются зашифрованные протоколы с сертификатом SSL;
- при особо важных действиях необходимо запрашивать пароль ещё раз;
- своевременно и достаточно часто завершать сессии.

Межсайтовый скриптинг.

Процесс, при которой атака происходит на клиентскую часть приложения, путём внедрения на страницу вредоносного кода. Успешная атака может завершиться как показом незапрашиваемой страницы, так и перехватом сессии пользователя. Вредоносный код может быть вставлен через уязвимость в веб-сервере или на компью-

тере пользователя. Основным способом борьбы с атаками на стороне сервера является экранирование спецсимволов перед выводом любых данных полученных от пользователей.

Небезопасные прямые ссылки на объекты.

Если сервер приложения в качестве параметра URL отдаёт прямые ссылки на объекты, которые являются конфиденциальными, то злоумышленник может использовать такую информацию для несанкционированного доступа к системе. Основным способом борьбы с такими уязвимостями является проверка пользователя на соответствие прав доступа к объекту.

Небезопасная конфигурация.

Уязвимости такого рода появляются при неправильно настроенном конфигурационном файле сервера. Основными способами устранения таких уязвимостей являются:

- обновление программного обеспечения до актуальных версий;
- запрет вывода на клиентский терминал необработанных сообщений об ошибках.

Утечка конфиденциальных данных.

Обычно эта уязвимость является следствием взлома веб-приложения и появляется в том случае, если конфиденциальные данные хранятся в открытом виде. Утечка конфиденциальных данных может произойти и при передаче таких данных по сети в незашифрованном виде. Способы противодействия следующие:

- конфиденциальная информация должна храниться только в зашифрованном виде;
- если передаются конфиденциальные данные, то необходимо использовать зашифрованные протоколы с сертификатом SSL;
- не хранить конфиденциальную информацию без необходимости;
- хранить пароли в хешированном виде, используя для их хеширования специальные алгоритмы, такие как `scrypt`, `PBKDF2` или `bcrypt`.

Отсутствие контроля доступа к функциональному уровню.

Уязвимость возникает при отсутствии контроля доступа к определённым функциям приложения. Способы противодействия следующие:

- установить контроль доступа к важным функциям приложения;
- исключить возможность подбора URL для важных директорий приложения и ответа от них.

Подделка межсайтовых запросов (CSRF).

Уязвимость, которая позволяет злоумышленнику выполнять действия от имени пользователя в веб-приложении, в котором он в настоящий момент авторизован. Если целью является обычный пользователь, то успешная атака CSRF может поставить под угрозу конфиденциальные данные. Если целью является учетная запись администратора, этот тип атаки может поставить под угрозу всё веб-приложение. Способы противодействия следующие:

- использовать одноразовый токен (выдаётся пользователю после успешной авторизации и является ключом для доступа к службам) для каждого действия;
- в каждом запросе требовать передачи логина и пароля;

- ограничение «срока жизни сессии». Данный способ позволит лишь ограничить время, в течение которого можно воспользоваться уязвимостью;
- проверка заголовка `Referer` на отсутствие в нём URL отличного от URL веб-приложения.

Использование компонентов с известными уязвимостями.

Для минимизации рисков необходимо обновлять до актуальных версий все подключаемые части проекта. По возможности не использовать мало популярные или любительские модули.

Непроверенные редирект и форвардинг.

В случае с внешним редиректом, пользователь может быть перенаправлен на страницу злоумышленника. В случае с внутренним редиректом, атакующий без необходимости авторизации может получить доступ к закрытым разделам веб-приложения. Способы противодействия следующие:

- избегать использования редиректа и форвардинга;
- если всё же редирект используется, не передавать пользовательские данные в запросе;
- рекомендуется перезаписывать URL средствами сервера.

DDoS-атака.

Под DDoS-атакой понимается злонамеренное воздействие на информационную систему с целью создать такие условия, при которых доступ легальных пользователей к приложению невозможен, либо затруднён. Атака осуществляется с помощью многочисленных распределённых запросов к серверу сайта «жертвы», что приводит к его перегрузке или отказу. Помимо затруднённого доступа к приложению, это может привести к взлому самой системы. Однако чаще всего такого рода атаки продиктованы экономическим интересом атакующего, например, как средство вымогательства или недобросовестной конкуренции [5]. Высокая популярность DDoS-атак в настоящее время обусловлена невозможностью, в большинстве случаев, привлечь организаторов к ответственности. Способы противодействия следующие:

- наращивание мощности серверов и пропускной способности каналов.
- многократное копирование информации на разные физические сервера;
- применение различных методов фильтрации запросов. Чем ближе фильтры и межсетевые экраны располагаются к атакующему компьютеру, тем эффективней защита;
- программное обеспечение сервера, касающееся обеспечения безопасности системы, должно быть обновлено до актуальной версии;
- использование специального оборудования для отражения DDoS-атак. Например, `DefensePro`, `SecureSphere`, Периметр и другие.

К сожалению, некоторым угрозам безопасности не уделяется достаточно внимания со стороны разработчиков. Например, уязвимость CSRF можно обнаружить во многих популярных веб-приложениях. На первый взгляд безобидная угроза может привести к очень неприятным последствиям, как репутационным, так и непосредственно касающимся корректной работы информационной системы.

Немаловажным инструментом обеспечения безопасности программного продукта является его регулярная проверка на устойчивость существующим угрозам. Большим организациям, располагающим обширными материальными ресурсами можно воспользоваться услугами аудиторских компаний. В случае с малым бизнесом целесообразно с некоторой периодичностью проводить тест, при котором моделируется атака с использованием инструментов Fuzzing. Данный способ позволяет выявить и передать веб-приложению некорректные, случайные или непредвиденные логикой программы данные. Если во время выполнения теста в приложении произойдет сбой, значит, существует потенциальная уязвимость, которая заносится в протокол для направления разработчикам.

Одной из главных составляющих безопасного веб-приложения является корректная аутентификация пользователя. Существующая в настоящее время на множестве платформ система многопарольного пароля во многих случаях является неэффективной. В приложениях, функционирование которых связано с высокими материальными рисками, либо с хранением важной конфиденциальной информации, целесообразно внедрить модель аутентификации в которой используется одноразовый пароль, полученный с помощью СМС-сообщения или при помощи специального аппаратного генератора OTP (one time password). Также можно использовать строгую двухфакторную аутентификацию с применением смарт-карт и

USB-токенов, что является самым безопасным способом на сегодняшний день.

Для обеспечения информационной безопасности веб-приложения необходима комплексная защита, позволяющая учитывать каждую из перечисленных уязвимостей.

Литература

1. Гаврилов А.Д., Волосенков В.О. Угрозы информационной безопасности автоматизированной системы обработки данных // Проблемы безопасности российского общества, 2013. № 4. С. 85-92.
2. Волосенков В.О., Гаврилов А.Д. Анализ уязвимостей компонентов распределенной вычислительной системы и методов её защиты // Проблемы безопасности российского общества, 2014. № 2. С. 171-176.
3. Гаврилов А.Д., Волосенков В.О. Классификация моделей обеспечения информационной безопасности распределённых вычислительных систем // Проблемы безопасности российского общества, 2013. № 4. С. 72-84.
4. Открытый проект о безопасности веб-приложений – The Open Web Application Security Project (OWASP) URL: <http://owasp.org>
5. Хоффман Л. Дж. Современные методы защиты информации. М.: Сов. Радио, 1980.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛИНИИ И ПОВЫШЕНИЕ ЕЁ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Морсаков Илья Олегович

Махонин Денис Андреевич

Студент, Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г.Шухова, город Белгород

Михайлова Марина Юрьевна

Доцент, Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г.Шухова, город Белгород

THROUGHPUT AND INCREASE IT WITH THE HELP OF THE BOOSTER TRANSFORMERS

Morsakov Ilya, Student of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

Mahonin Denis, Student of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

Michailova Marina, Student of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

АННОТАЦИЯ

Изучение пропускной способности линий электропередач и методов ее увеличения при помощи современного оборудования и технологий, а также возможностей применения данного оборудования.

ABSTRACT

The study of the transmission lines and methods of its increase with the help of modern equipment and technologies, as well as opportunities for application of this equipment in practice.

Ключевые слова: линия электропередач, пропускная способность, вольтодобавочный трансформатор, стабилизация напряжения.

Keywords: power line, capacity, voltage transformer, compensating installation, voltage regulation.

Для начала определимся, что является пропускной способностью линии электропередач.

«Пропускная способность электрической сети - технологически максимально допустимое значение мощности, которая может быть передана с учетом условий эксплуатации и параметров надежности функционирования электроэнергетических систем» [1].

Пропускная способность линии электропередач является одной из основных характеристик линии электропередач. Она определяет мощность, которую можно передать по линии с учётом всех ограничивающих условий, таких как: нагрев проводов, устойчивость, потери на корону и т.д. Пропускная способность электрической линии зависит от напряжения вначале и в конце линии, от её

длины и от волновых характеристик, таких как волнового сопротивления и коэффициента фазы.

Так как, пропускная способность линии электропередач переменного тока определяет наибольшую мощность, то её можно выразить зависимостью протяженности и напряжений в начале и в конце линии

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_c \cdot \sin(\alpha \cdot l)} \cdot \sin \delta,$$

где U_1 и U_2 являются напряжениями в начале и в конце линии, Z_c – волновое сопротивление ЛЭП, α – коэффициент изменения фазы, обусловленный волновым характером распространения электромагнитного поля, l – протяженность ЛЭП, δ – угол между векторами напряжения в начале и в конце линии, характеризующий режим электропередачи и её устойчивость. Из этой формулы можно сделать вывод, что наибольшая мощность, которая и определяет пропускную способность линии электропередачи, достигается при $\delta = 90^\circ$, т.е. при $\sin \delta = 1$. Так как для ВЛ передаваемая мощность прямо пропорциональна квадрату напряжения, то увеличение напряжения является одним из главных средств повышения пропускной способности линии электропередач.

В электропередачах постоянного тока отсутствуют многие факторы, свойственные передачи переменного тока и ограничивающие их пропускную способность. Предельная мощность, передаваемая по ЛЭП постоянного тока, имеет большие значения, чем у аналогичных ЛЭП переменного тока. Её можно выразить из соотношения

$$P = \frac{U_B^2}{2R_{\Sigma}},$$

где U_B - напряжение на выходе выпрямителя, R_{Σ} - суммарное активное сопротивление линии электропередач, в которое, кроме проводов ЛЭП, входят сопротивления выпрямителя и инвертора.

Повышение пропускной способности ЛЭП переменного тока возможно путём усовершенствования конструкции линии, а также посредством включения различных компенсирующих устройств.

Одним из способов повышения пропускной способности линии электропередач является сооружение «разомкнутых» линий, у которых на опорах подвешиваются провода двух цепей таким образом, что провода разных фаз оказываются сближенными между собой.

Также в сетях переменного тока для увеличения пропускной способности линии электропередач используют специальные компенсирующие устройства, которые в электрической системе предназначены для компенсации реактивных параметров сетей и реактивной мощности, потребляемой нагрузками и элементами электрической системы.

В качестве компенсирующих устройств на ЛЭП используются продольно включаемые батареи электрических конденсаторов, а также поперечно включаемые электрические реакторы и синхронные компенсаторы, которые устанавливаются на конечных или промежуточных подстанциях ЛЭП. Данные устройства предназначены для увеличения пропускной способности электрической линии, а также для улучшения технико-экономических показателей работы ЛЭП, а именно снижение потерь активной мощности и обеспечения требуемых значений напряжения.

«На этом фоне продолжается рост потребляемых мощностей. Изношенные сети, спроектированные в 70-е – 80-е годы прошлого века, без учета увеличения потребляемой мощности не справляются с таким ростом. Процесс старения и износа распределительных сетей продолжается, и в значительной мере это относится к линиям электропередачи распределительных сетей 0,4 кВ» [2]. Всё это в значительной мере может повлиять на качество электроснабжения потребителей, находящихся на больших расстояниях от распределительных устройств. В данной ситуации требуется реконструкция отслуживших свой срок воздушных линий электропередач, но, в связи с тяжелым материальным положением, это становится проблематично. В решении данной проблемы помогают вольтодобавочные трансформаторы.

Использование вольтодобавочных трансформаторов позволяет решить следующие проблемы:

- Повышение и стабилизация напряжения в сети потребителей переменного тока 0,4 кВ;
- Компенсация не симметрии фазных напряжений;
- Увеличение тока однофазного короткого замыкания на участках сети;
- Снижение уровня повышения напряжения у потребителя при однофазных коротких замыканиях;
- Снижение опасных последствий при обрыве нулевого проводника;
- Снижение объема и срочности экономических вложений;

Вольтодобавочные трансформаторы ставят непосредственно в линии электропередач, а также на высокой или низкой стороне главного трансформатора подстанции.

По всей длине воздушных линий электропередач применяют линейные вольтодобавочные трансформаторы для автоматического поддержания нормального уровня напряжения в линии. Их установка не требует больших затрат. Линейные вольтодобавочные трансформаторы регулируют напряжение в пределах $\pm 15\%$. Их монтаж не занимает большого количества времени и не требует отключения потребителей.

Принцип работы ВДТ сравним с принципом автотрансформатора с общей и последовательными обмотками (Рис.1).



Рис.1 Принцип работы вольтодобавочных трансформаторов

Ступенчатое регулирование у вольтодобавочных трансформаторов происходит с помощью переключателя. Шкаф управления измеряет напряжение на нагрузке и сравнивает данное значение с заданным напряжением. Если, в процессе измерения, напряжение на нагрузке отличается от заданного, шкаф управления подает сигнал на

электропривод, который перемещает переключатель на соответствующий уровень для понижения (или повышения) напряжения. Принципиальная электрическая схема вольтодобавочного трансформатора показана на рис.2.

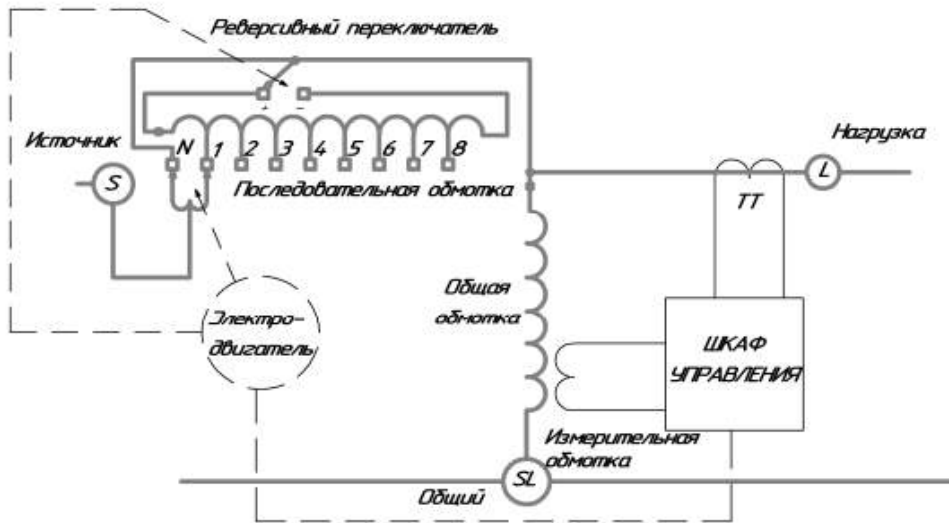


Рис.2 Принципиальная электрическая схема вольтодобавочного трансформатора

Перед определением места для установки вольтодобавочного трансформатора, производят расчет падения напряжения и определяют соответствующий диапазон регулирования. Затем рассматривают место установки ВДТ для минимизации потерь мощности и напряжения в линии.

Диапазон регулирования напряжения зависит от схемы включения вольтодобавочного трансформатора и составляет $\pm 15\%$ или $\pm 10\%$.

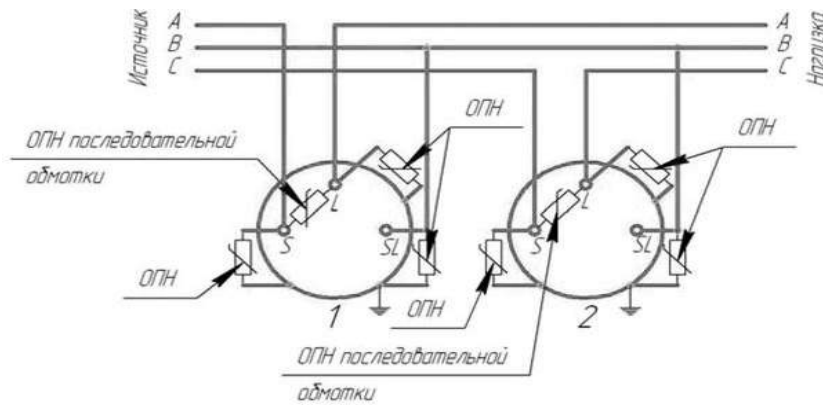


Рис.3 Включение двух ВДТ по схеме неполного треугольника

Включение двух вольтодобавочных трансформаторов в сеть по схеме неполного треугольника (Рис.3) определяет регулирование напряжения в пределах $\pm 10\%$, а

включение трех вольтодобавочных трансформаторов по схеме полного треугольника регулирует напряжение в пределах $\pm 15\%$ (Рис.4).

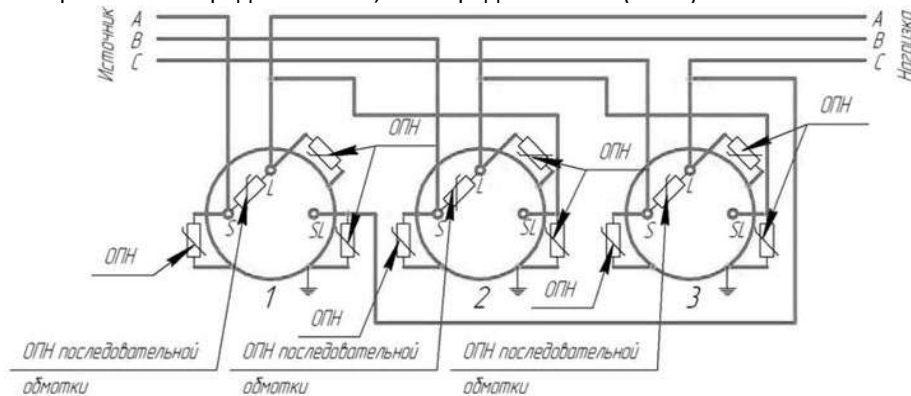


Рис.4 Включение трех ВДТ по схеме полного треугольника

Также вольтодобавочное устройство может быть включено как на высокой, так и на низкой стороне главного трансформатора подстанции.

Вольтодобавочное устройство с тиристорным регулированием для стабилизации напряжения трансформаторной подстанции содержит вольтодобавочный трансформатор, рекуперативный тиристорный преобразователь фазы с промежуточным звеном постоянного напряжения и синхронизированной с сетью системой управления, вход которой подключен к выходу датчика отклонения напряжения нагрузок. Включение ВДУ на высокой стороне усложняет выпрямитель, инвертор, фильтр и узлы их защиты, а на низкой - ухудшает энергетические показатели главного трансформатора подстанции.

«Технический эффект заключается в повышении коэффициентов мощности и полезного действия главного трансформатора вследствие питания его высоковольтной цепи стабилизированным напряжением без изменения

класса низковольтной цепи вольтодобавочного устройства, то есть без усложнения конструкции полупроводниковой части устройства» [3]. При этом ограничение превышения напряжения питания главного трансформатора сохраняет срок службы изоляционного материала его обмоток. А так же упрощаются монтажные работы при реконструкции существующих подстанций.

Задачей использования вольтодобавочного устройства с тиристорным преобразователем является повышение энергетических показателей подстанции при сохранении простой конструкции.

Используемая литература

1. Увеличение пропускной способности линии 6-10 кВ. Перинский Т. В. – Новосибирск, 2008 г
2. Электронный ресурс: <http://www.eprussia.ru/epr/210/14529.htm>
3. Электронный ресурс: <http://www.findpatent.ru/patent/215/2155366.html>

МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЕМНОГО ТРАКТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАДИОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Макогон Василий Петрович

кандидат тех. наук, ведущий инженер, ОАО «КБ Радиосвязи», г. Севастополь

*METHODS OF ANALYSIS OF RELIABILITY OF ELEMENTS RECEIVING TRACT TO THE RF PULSE HIGH POWER
Makogon Vasily Petrovich, PhD, Lead Engineer Designer, JSC "Design of the Radiocommunication Bureau"
Sevastopol*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные методы обеспечения надежности технических средств при воздействии внешних радиочастотных излучений большой мощности. Производится выбор оптимальных методов, обеспечивающих необходимый анализ защиты элементов технических средств от неклассифицированных типов излучений.

ABSTRACT

In the article analyzed the main methods for ensuring reliability of technical means when exposed to external RF energy high power. Selects the optimal methods for ensuring the protection of elements of technical analysis tools from unclassified types of radiation.

*Ключевые слова: радиочастотные импульсы большой мощности, радиоэлектронная аппаратура.
Keywords: RF pulses high power, electronic equipment.*

Развитие способов генерации мощных излучений приводит к появлению широкого спектра воздействий, способных привести к функциональному поражению электронной аппаратуры. Одним из таких воздействий являются радиочастотные импульсы (РЧИ) большой мощности, способные приводить к функциональному поражению приемных трактов современной аппаратуры с высокой интеграцией полупроводниковых элементов [1, 2].

Анализ существующей нормативной базы [3-5] по электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) не в полной мере регламентирует методы защиты электроники от радиочастотных импульсов большой мощности УКВ диапазона, проникающих через антенно-фидерный тракт (АФУ).

Таким образом проведение анализа надежности и идентификация тех частей РЭС, которые могут вызвать риск причинения вреда, связанного с неправильным

функционированием технических средств при воздействии радиочастотного импульса большой мощности является актуальной научно-технической задачей.

Основопологающим фактором обеспечения выполнения функциональных возможностей РЭС при воздействии электромагнитных помех является анализ надежности.

Анализ надежности РЭС проводится на стадиях формулирования концепции, проектирования, производства, эксплуатации и технического обслуживания. Анализ проводится применительно к различным структурным уровням РЭС и с различной степенью детализации с тем, чтобы оценить и определить аспекты надежности РЭС. Результаты анализа могут быть использованы для их сравнения с заданными требованиями функциональной безопасности.

В отношении функциональной безопасности интерес представляют состояния неисправности РЭС при воз-

действию РЧИ большой мощности, вызванные нарушениями функционирования, связанных с обеспечением безопасности и синхронизации сети. Эти состояния могут привести к небезопасным или потенциально небезопасным условиям применения РЭС.

Применяемые методы анализа должны обеспечивать возможность моделирования поведения системы при воздействии РЧИ большой мощности. В частности, при выборе метода анализа необходимо учитывать следующие характеристики РЧИ большой мощности:

- одиночный РЧИ большой мощности может вызвать одновременно несколько неисправностей в различных частях РЭС (неисправности общего случая);
- характеристики РЧИ большой мощности (уровень, частота) могут изменяться в зависимости от места размещения РЭС;
- возможность ухудшения качества функционирования РЭС при воздействии электромагнитной помехи может зависеть от состояния технического средства во время воздействия помехи;
- влияние РЧИ большой мощности на конкретный элемент РЭС зависит от взаимодействия частей, способов установки и монтажа технических средств;
- одновременно на РЭС могут воздействовать электромагнитные помехи различных видов.
- Существует ряд методов изучения надежности объектов. Они основаны на применении двух подходов [4,5]:
- дедуктивной методологии (методологии анализа «сверху – вниз»);
- индуктивной методологии (методологии анализа «снизу – вверх»).

Указанные подходы характеризуются следующим образом:

а) Дедуктивная методология

Суть дедуктивной методологии заключается в продвижении от верхнего уровня анализа к последующим нижним уровням для определения уровней, связанных с нежелательной работой РЭС. Таким образом, дедуктивный подход – это подход, ориентированный на событие, он позволяет для каждой установленной конкретной вершины события идентифицировать уровни и компоненты, ответственные за безопасность.

б) Индуктивная методология

Суть индуктивной методологии заключается в установлении условий возникновения неисправности на уровне элементов РЭС. Для каждого условия неисправности определяется соответствующий результат влияния неисправности на функционирование последующего более высокого уровня РЭС. Последующие итерации приводят к завершающей идентификации результатов влияния возникших неисправностей на всех функциональных уровнях. Анализ «снизу – вверх» позволяет идентифицировать все единичные условия возникновения неисправностей.

При анализе влияния электромагнитных помех на функциональную безопасность РЭС целесообразно применять дедуктивную методологию, позволяющую, во-первых, определить нежелательные события, включая состояние неисправности или нежелательное функционирование ТС, и, во-вторых, произвести анализ неисправностей.

Применение индуктивной методологии, учитывающей все условия возникновения неисправностей, в том числе не относящиеся к воздействию электромагнитных помех, приводит к чрезмерно усложненному анализу при использовании для больших систем [5].

Анализ дерева неисправностей следует считать наиболее приемлемым при анализе функциональной безопасности технических средств в отношении электромагнитных помех.

Проведение анализа дерева неисправности РЭС к воздействию РЧИ большой мощности должен дать необходимые данные критических узлов аппаратуры в отношении каждой опасной ситуации и охватывать как аппаратные, так и программные средства. Расчетный метод риска отказов функциональных узлов РЭС основывается на выявлении критических уровней воздействия способных привести к нежелательным эффектам работы технических средств. Основываясь на том, что основным путем проникновения РЧИ в РЭС является АФУ необходимо рассмотреть надежность элементов входных устройств приемного тракта.

В качестве объекта исследования рассмотрим типовую структурную схему радиоприемного устройства (см. рис. 1).

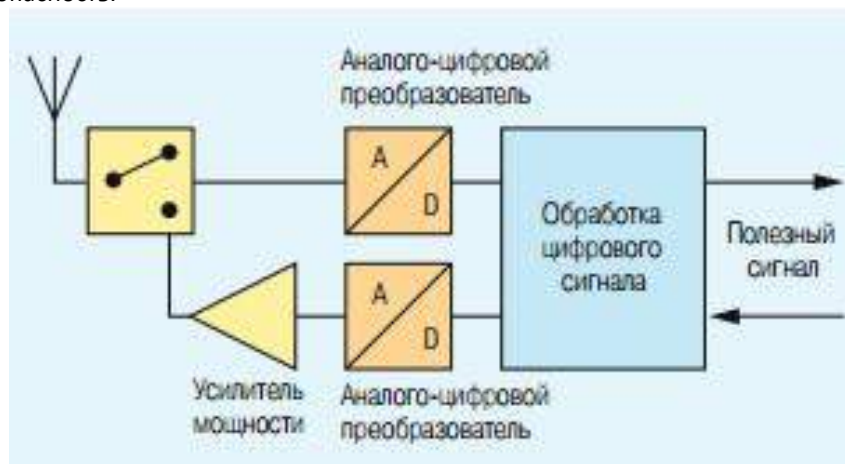


Рисунок 1. Типовая структурная схема радиоприемного устройства

Основные критические узлы воздействия МЭМИ на представленное радиоприемное устройство приведены в таблице 1.

Таблица 1

Пороговая энергия функциональных узлов РЭС

Функциональные узлы РЭС	Наиболее уязвимые компоненты	Пороговая энергия, Дж
АФУ	Коммутирующие элементы: - реле; - электронные ключи на мощных транзисторах.	$10^0 \dots 10^{-3}$ $10^{-2} \dots 10^{-5}$
Блок селектора и система АРУ	1. Цепи управления, с различными вариантами исполнения: - типичный резисторно-транзисторный ключ; - типичная триггерная схема на транзисторах; 2. Устройства оперативной памяти (полупроводниковые элементы)	$3 \cdot 10^{-9}$ 10^{-9} $2 \cdot 10^{-9}$
Усилитель радиочастоты (УРЧ)	Интегральная микросхема	10^{-3}

Для ограничения значительных по амплитуде токов и напряжений, возникающих под действием МЭМИ в приемных трактах применяются различного типа защитные устройства.

В случае высокого энергетического уровня входного сигнала, превышающего предельный допустимый порог ограничения защитного устройства, происходит пробой и выход из строя элементов защиты, поступление энергии РЧИ во входные цепи и гарантированный выход из строя приемного устройства.

В случае если энергетический уровень входного сигнала не превышает предельно допустимый порог выхода из строя защитного устройства, помеха, поступающая во входные каскады приемного устройства, будет вызывать различные явления обратимого характера, не приводящего к выходу из строя приемного устройства в целом.

Таким образом, предельно допустимый порог выхода из строя защитного устройства представляет собой точку разграничения энергетического уровня РЧИ на зоны гарантированного поражения и зону обратимых процессов во входных цепях приемного устройства.

Оценка энергии электромагнитного поля, поглощенной в системе, является сложной задачей. Приближенно она может быть решена для случаев взаимодействия поля с проводящими оболочками простых геометрических форм, внутри которых может располагаться аппаратура.

Энергия поля, поглощенного системой, равна [2]:

$$W = \int_0^{\tau_{и}} R_{об} |i_{об}(t)|^2 dt, \tag{1}$$

где: $R_{об}$ – омическое сопротивление оболочки; $i_{об}$ – ток оболочки; $\tau_{и}$ – длительность импульса

Уровни энергии, приводящие к повреждению или деградации функциональных узлов РЭС представлены в таблице 1.

На рисунке 2 представлен анализ дерева неисправностей типового приемного устройства средств связи УКВ диапазона [5].

Испытания РЭС, включающих в себя несколько устройств, должны проводиться при наивысшей степени интеграции. Из-за сложностей идентификации некорректной работы программных средств при воздействии электромагнитных помех рекомендуется, по возможности, проводить испытания систем в полном составе.

Если это невозможно из-за размеров оборудования или по другим причинам, допускается проведение отдельных испытаний подсистем. При этом отсутствующие части систем допускается заменять имитаторами. Нежелательные отклонения от установленного режима функционирования РЭС, отмеченные вовремя таких частичных испытаний, должны быть проанализированы для определения их влияния на функционирование системы в целом.

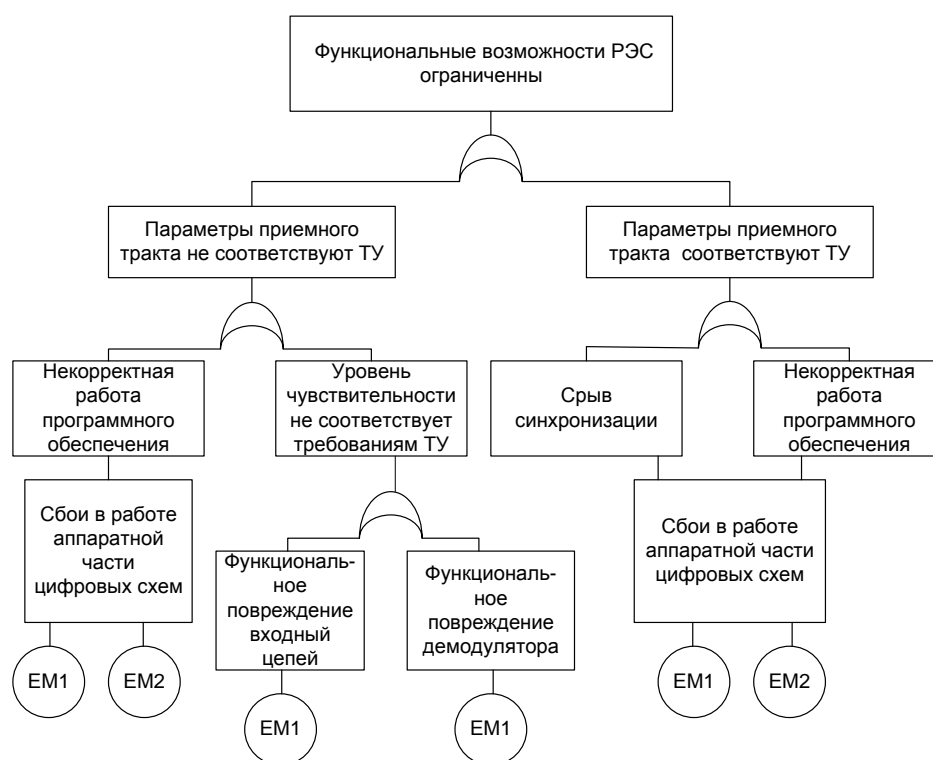
Если испытания проводят в условиях, отличающихся от условий в месте установки РЭС, то конфигурация испытываемой аппаратуры должна быть максимально представительной, особенно в части размещения, прокладки кабелей и режимов функционирования.

При подготовке плана испытаний основное внимание необходимо уделить нежелательным событиям, относящимся к функционированию программных и аппаратных средств, возможность появления которых при воздействии электромагнитных помех определена на основе анализа дерева неисправностей.

При проведении испытаний на помехоустойчивость целесообразно преднамеренно вызвать нарушение функционирования испытываемого РЭС при воздействии РЧИ большой мощности, чтобы определить, создаст ли данное нарушение угрозу безопасности в экстремальной электромагнитной обстановке. Нарушение функционирования может быть достигнуто различными способами:

- повышением степеней жесткости испытаний на помехоустойчивость;
- снижением устойчивости РЭС к электромагнитным помехам;
- увеличением частоты воздействия РЧИ.

Таким образом, выбор оптимального метода надежности позволит в полной мере осуществить анализ защиты элементов приемных трактов от радиочастотных импульсов УКВ диапазона.



EM1 – РЧИ большой мощности;
EM2 – кондуктивные помехи от РЧИ

Рисунок 2. Структура дерева неисправностей РЭС

Литература

1. Иванов М.С., Федосеев В.Е. К вопросу помехоустойчивости систем воздушной радиосвязи при действии сосредоточенных и импульсных помех // Актуальные проблемы вузов ВВС: межвузовский сборник. Вып. 28. –М.: МО РФ, 2009.
2. Малков Н.А., Пудовкин А.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учеб. пособие – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 88 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0659-2.
3. ГОСТ Р 51317.1.5-2009 «Совместимость технических средств электромагнитная. Воздействия электромагнитные большой мощности на системы гражданского назначения. Основные положения».
4. ГОСТ Р 51317.4.3-2006 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний».
5. ГОСТ Р 51317.1.2-2007 «Совместимость технических средств электромагнитная. Методология обеспечения функциональной безопасности технических средств в отношении электромагнитных помех».

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ В СИСТЕМЕ ТВЁРДОЕ ТЕЛО-ЖИДКОСТЬ-ВОЗДУХ

Марков Владимир Николаевич

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

Тагиев Шафи Камильевич

Заведующий лабораторией,

Ефимов Андрей Владимирович

Ведущий инженер

Лисицын Александр Николаевич

Доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение,
«Всероссийский научно-исследовательский институт жиров», Г. Санкт-Петербург

STUDY OF EXTRACTION OF TARGETED COMPONENTS IN THE SOLID-LIQUID-AIR SYSTEMS

Vladimir Markov, Candidate of Tech. Sciences, Senior Researcher,

Shafi Tagiev, Chief of the Laboratory,

Andrey Efimov, Leading Engineer

Alexandre Lisitsyn, Doctor of Tech. Sciences, Associate professor, Federal State Budget Scientific Institution, "All-Russia Scientific Research Institute of Fats", Saint-Petersburg

АННОТАЦИЯ

Исследованиями изучались закономерности процесса экстрагирования с точки зрения капиллярных явлений.

Для исследований применялся компьютеризированный научно-исследовательский комплекс, позволяющий в режиме on-line графически фиксировать изменение веса тела, погруженного в растворитель. Синхронно производилась видеосъемка, которая позволяла визуально видеть и объяснять происходящие явления.

Установлено как именно посредством конвективной и молекулярной диффузии протекает процесс, какое влияние оказывает защемленный в теле воздух.

Ключевые слова: экстрагирование; модельное тело; краевой угол смачивания; исследовательский комплекс; механизм экстрагирования.

ABSTRACT

Study examined patterns of the extraction process based on capillary phenomena. A computerized research complex allowing graphically monitor changes of the weight of a body immersed in the solvent in on-line mode was used. Video was made synchronously and it allowed to visually see and to explain the occurring phenomenon.

It was determined that the process takes place due to convection and molecular diffusion and the role of jammed air in a body was understood.

Keywords: extraction; model body; edge angle of wetting; research complex; extraction mechanism.

Ранее мы изучали закономерности процесса экстрагирования с точки зрения капиллярных явлений [3-8]. Установлено, что процессы пропитки и растворения подчиняются одинаковой закономерности, что на их протекание оказывает сильное влияние защемленный воздух, а также начальная температура экстрагируемого материала и растворителя. Данными исследованиями мы продолжили изучение этих явлений, поскольку их влияние на процесс, несомненно, значимо.

Для исследовательских целей мы, как и раньше, применили разработанный нами компьютеризированный исследовательский комплекс «Архимед», позволяющий в режиме on line изучать кинетику процессов массопереноса в системе твёрдое тело- жидкость.

Система «Архимед» состоит из основных частей: 8-канального АЦП (ICP DAS I-7018), подсоединенного к компьютеру по интерфейсу RS-485 - задействовано 2 канала для измерения температуры; термостата U15C; аналитических электронных весов марки OHAUS model EP214C с возможностью нижней подвески взвешиваемых образцов и цифровым выходом сигнала, подсоединенные к компьютеру по интерфейсу RS-232; термопар; сетчатого стакана с навеской исследуемого образца; термостатированного стакана с растворителем; устройства регулируемого подъёма-спуска термостатированного стакана. В систему также входят интерфейс-связь типа RS-232 и собственно компьютер с программным обеспечением. Для исследований, сопровождающихся видеосъемкой, термостатированный стакан заменяется прозрачным стеклянным, с подсветкой, светорассеивающим бестеневым экраном и статически закреплённой цифровой видеокамерой.

Разработаны и изготовлены модели тел (I) и (II) типов, соответствующих по свойствам реальным частицам экстрагируемого материала.

Основное различие модельных тел, изготовленных из стеклянных капилляров, состоит в том, что в модельном теле (I) типа внутренний объём капилляров заполняется растительным маслом практически полностью. В модельном теле (II) типа масло в основном находится на внутренних стенках капилляров. (II) тип модельного тела наиболее близок к реальному материалу, предназначенному к извлечению масла экстракционным способом.

Явления, происходящие при капиллярной пропитке, их влияние на процесс, можно оценивать по значению краевого угла смачивания [2].

В наших экспериментах значения краевых углов смачивания в системе жидкость – стекло – воздух находили капиллярным методом расчетным путём. Для расчетов использовали формулу $\cos \Theta = h\rho g d / 4\sigma$, где:

Θ – краевой угол смачивания – расчетная искомая величина;

h – подъем жидкости в капилляре – измеряемая величина, м;

ρ – плотность жидкости – табличная величина, кг/м³ [1];

g – ускорение свободного падения – константа, 9,8067 м/с²;

d – внутренний диаметр капилляра – измеряемая величина, м;

σ – коэффициент поверхностного натяжения – табличная величина, Н/м [1,9].

Для капилляра, $d = 0,9$ мм при условиях экспериментов найдены следующие значения краевых углов:

$\Theta_M = 60,47^\circ$; $\Theta_B = 60,13^\circ$; $\Theta_T = 28,72^\circ$; $\Theta_C = 26,09^\circ$.

Чем меньше значение краевого угла, тем преимущественно смачивание поверхности, т.е. можно говорить о селективности смачивания.

Общеизвестно, что любая система стремится к менее затратному с энергетической точки зрения состоянию существования. Рассматриваемая система: стеклянный капилляр, масло, растворители, воздух, - не является исключением.

На Рис.1 изображены стопкадры (СК) процесса извлечения растительного масла из модельного тела (I)–го типа.

Зона «а» (СК) 1 – 3. В результате наблюдения от первого к третьему (СК) видно, что: растворитель входит в устье капилляра (1); нарушает силы адгезии масла со стенками капилляра, так что масло имеет возможность просто вытекать из капилляра в объём растворителя (2); растворитель заполнил практически весь капилляр, образовав слабоконцентрированную мисцеллу, что видно по сравнению начального цвета жидкости в капилляре и в данный момент (3).

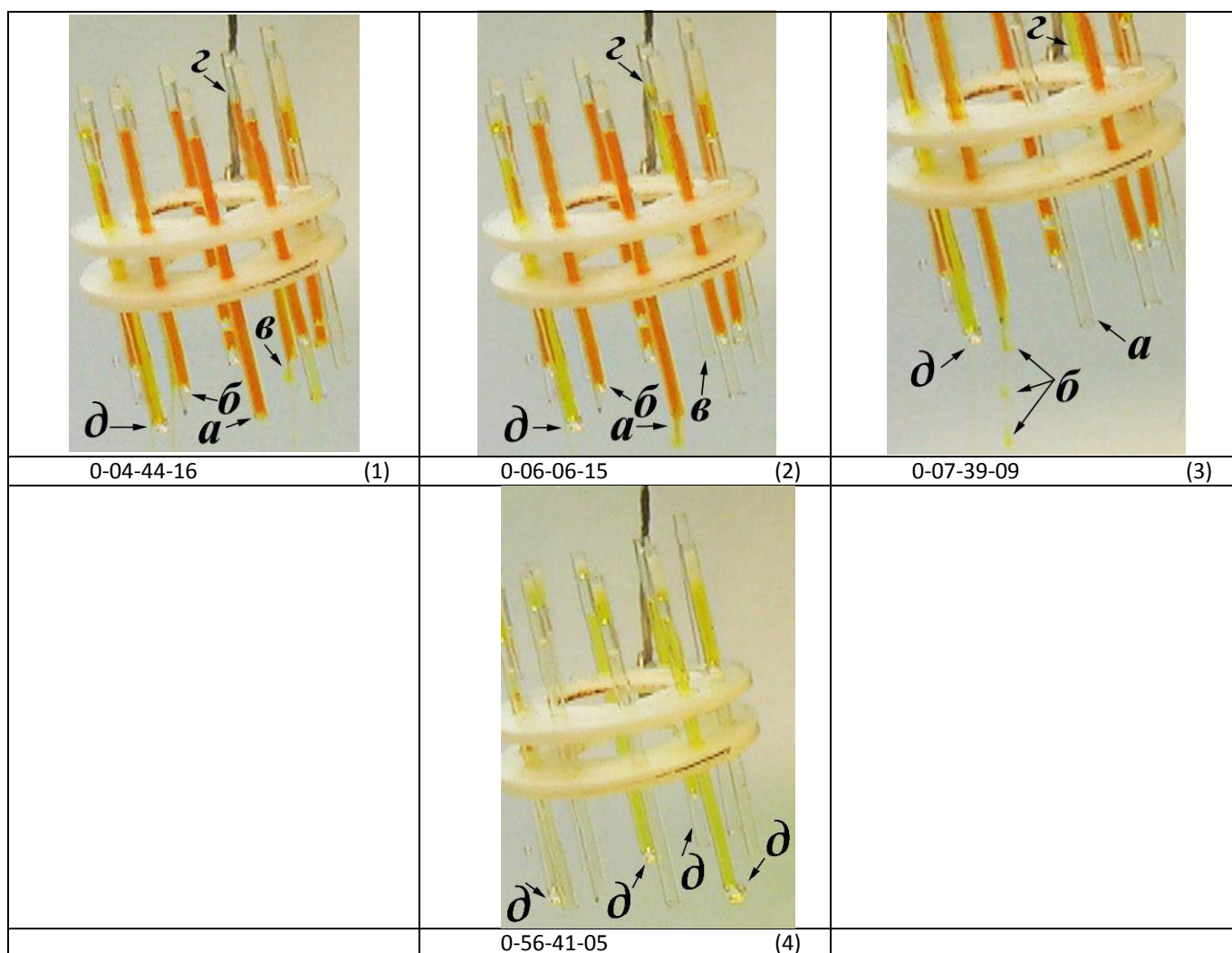


Рис. 1. Динамика экстрагирования растительного масла гексановым растворителем Нефрас П 63/75 из модельного тела I типа. (1)-(4) - номера стоп кадров (СК). <0-00-00-00> - время фиксации стоп кадра <часы, минуты, секунды, сотые секунды>. <а-д> - характерные зоны.

Таким образом, из рассмотренного следует, что при практически полном заполнении капилляра маслом экстрагирование проходит в начале процесса быстро посредством конвективной диффузии, затем процесс переходит в область молекулярной диффузии. За 39 минут процесс практически завершён. Воздушные пробки в зоне «д» (СК) 1 – 4 при заданных условиях процесса не вытесняются из модельного тела. Процесс извлечения масла происходит диффузионным путём, что видно по обесцвечиванию мисцеллы по ходу времени процесса от (СК) 1 к (СК) 4. Процесс экстрагирования идёт в кольцевом зазоре между стенкой капилляра и воздушным пузырьём. Таким образом, поверхность массообмена уменьшена в несколько раз, что негативно сказывается на интенсивности процесса, особенно в его второй, наиболее медленной фазе, где, кроме того, и концентрация извлекаемого вещества в капилляре уже мала. Описание процесса экстрагирования масла из модельного тела (I) типа по Рис.1 объясняет наличие двух периодов экстрагирования для рассматриваемой системы

Извлечение масла из модельного тела (II) типа происходит по механизму, описанному выше для зоны «д» модельного тела (I) типа, только таких воздушных пузырей, чередующихся с зонами, заполненными мисцеллой по длине капилляра, гораздо больше. Проникновение растворителя внутрь капилляра (условно первая стадия

процесса) с образованием зон мисцелла – воздушный пузырь носит характер молекулярной диффузии, а выход образовавшейся мисцеллы (условно вторая стадия процесса) носит характер конвективной диффузии. Первый процесс идёт во внутреннем объёме капилляра, а второй – на границе конца капилляра и внешнего объёма растворителя. Таким образом, подтверждается, что ранее высказанное нами предположение, о том, что пропитка и растворение единый по природе процесс верно. Чётких границ между пропиткой и растворением не имеется, это единый процесс [3].

Чтобы провести сравнение протекания экстрагирования двух типов модельных тел, на Рис.2 представлено изменение веса модельных тел при их экстрагировании в относительных единицах, полученных на установке «Архимед».

Из сравнения представленных кривых видно, что экстрагирование масла из модельного тела (II) типа проходит более интенсивно (наклон кривой на начальной стадии процесса), чем из (I) типа, хотя абсолютное значение переноса массы масла больше при экстрагировании модельного тела (I) типа. Наклон кривых на конечной, медленной, стадии экстрагирования для модельных тел обоих типов практически одинаковый. Это и понятно, поскольку на медленной стадии процесс протекает одинаково для обоих типов модельных тел.

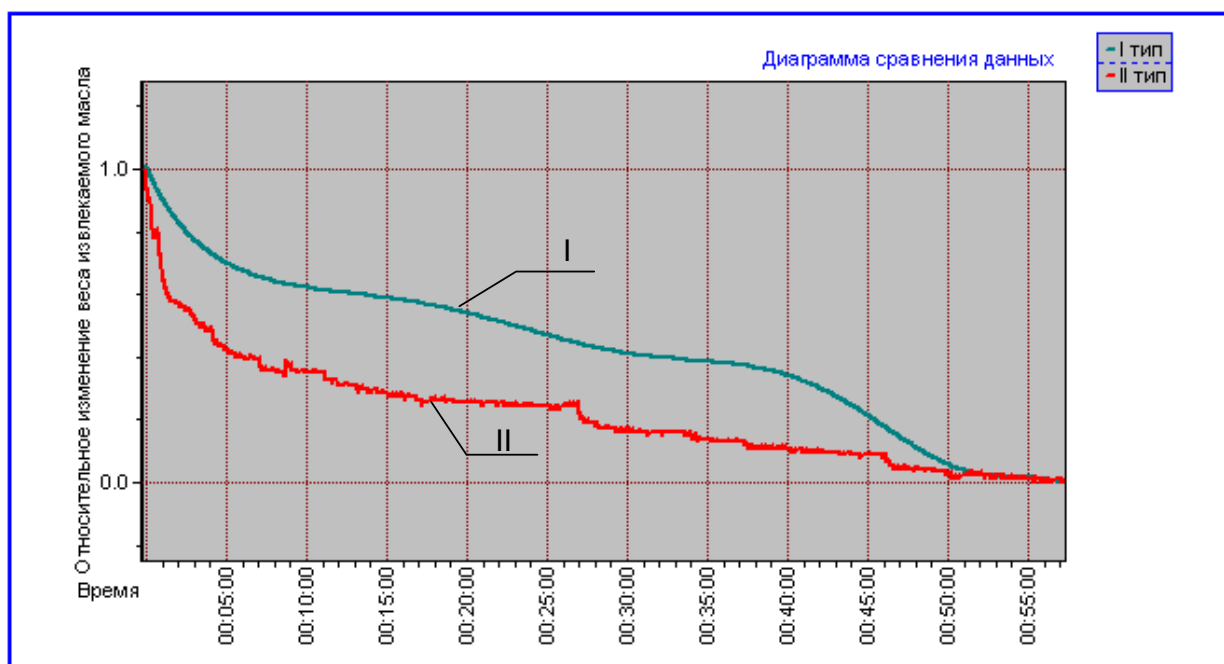


Рис. 2. Относительное изменение веса извлекаемого масла в модельных телах (I) и (II) при их экстрагировании углеводородным гексановым растворителем.

Заключение

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы.

1. Процессы пропитки и растворения в модельных телах происходят практически одновременно и на протяжении всего процесса экстрагирования.
2. Процесс пропитки капилляров разной степени заполнения маслом (I и II типы модельных тел) происходит вдоль внутренних стенок капилляров, контактируя с другой стороны либо непосредственно с маслом (I) тип, либо с воздушным пузырьком и маслом (II) тип, соответственно. Если заполнение капилляра маслом почти полное, (I) тип модельного тела, растворитель избирательно смачивает стеклянную поверхность капилляра, ослабляя силы адгезии масла со стенкой, и происходит извлечение масла во внешний раствор посредством конвективной диффузии. Затем остатки растворенного масла извлекаются из внутреннего объема капилляра посредством молекулярной диффузии.

Если заполнение капилляра маслом неполное, (II) тип модельного тела, растворитель избирательно смачивает стеклянную поверхность капилляра и вдоль воздушного пузырька, ослабляя силы адгезии масла со стенкой, копится в виде мисцеллы в межпузырьковой зоне. Таких мисцелловых зон в капилляре образуется несколько и они, по мере проникновения растворителя вглубь капилляра, увеличиваются в размерах и движутся к устью капилляра. Затем происходит извлечение масла во внешний раствор посредством конвективной диффузии. Когда капилляр заполняется полностью растворителем, за исключением воздушных пузырей, которые присутствуют в капиллярах во время всего процесса, экстрагирование, как и в модельном теле (I) типа, происходит по механизму молекулярной диффузии.

3. Найденные краевые углы смачивания для стекла капилляров модельных тел маслом, спиртом, гексановым растворителем располагаются по значениям величин следующим образом: $\Theta_m > \Theta_g > \Theta_c$. Это объясняет, почему пропитка растворителями заполненных в той или иной степени стеклянных капилляров маслом происходит вдоль их внутренних стенок.
4. Процесс экстрагирования по диффузионному механизму идет не по всей площади открытого торца капилляра, а в кольцевом зазоре между стенкой капилляра и воздушным пузырьком. Таким образом, заземленный воздух уменьшает поверхность массообмена, что негативно сказывается на интенсивности процесса, особенно на его второй, наиболее медленной стадии, когда процесс протекает по механизму молекулярной диффузии, и концентрация извлекаемого вещества в капилляре уже мала.

Список литературы

1. Краткий справочник физико-химических величин. Издание 9/ Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой, СПб.: Специальная Литература, 1998. — 232 с.
2. Леонтьевский К.Е., Чудновская М.А. Об адгезии масла в материалах маслодобытания. / Л.: Труды ВНИИЖ, выпуск XXII, 1961, с.5-17.
3. Марков В.Н., Лисицин А.Н., Вороненко Б.А. Процессы пропитки и растворения при экстрагировании целевых компонентов из пористых материалов — идентичные явления. Журнал «Пищевая промышленность: наука и технологии», №2(4), 2009, стр.48-52 (Минск).
4. Марков В.Н., Лисицин А.Н. Вороненко Б.А. К. Гусев Б.К. Оценка кинетического параметра процессов пропитки и растворения при экстрагировании растительных масел Вестник Красноярского Аграрного Государственного Университета (Вестник Крас ГАУ), №11, 2009, с.7 — 12.

5. Марков В.Н., Лисицин А.Н, Вороненко Б.А //Теоретические основы пищевых технологий»: в 2-х книгах. /под ред. В.А.Панфилова. В кн.2, раздел 3.16 «Процесс экстрагирования растительного масла» Издательство М.: Колос.
6. Марков В.Н., Тагиев Ш.К., Ефимов А.В., Запромётов В.А. Новый подход к изучению экстрагирования целевых компонентов в системе твёрдое тело – жидкость [Электронный ресурс]: Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств»/ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. — Электрон.журнал — Санкт-Петербург: СПбГУНИПТ, 2011. — №2. — сент. 2011.» Режим доступа к журн.: <http://www.open-kinetiki.com>
7. Марков В.Н., Тагиев Ш.К., Ефимов А.В., Запромётов В.А., Бармашев В.А. О новом подходе к изучению кинетики массопереноса /Сборник докладов к XI международной конференции «Масложировая индустрия» 26-27 октября 2011г., Санкт-Петербург, с.31 – 33
8. Марков В.Н., Тагиев Ш.К., Ефимов А.В., Бармашев В.А./Новый подход к изучению экстрагирования целевых компонентов в системе твёрдое тело – жидкость Тезисы V международной научно-технической конференции «Химия и технология жиров. Перспективы развития масложировой отрасли», 23 – 24 мая 2012г., Украина, АР Крым, г.Алушта, с.66.
9. T.Phaechamud, C. Savedkairor. Contact Angle and Surface Tension of Some Solvents used in Pharmaceuticals./ Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, - October – December 2012, V.3, Issue 4, p. 513 – 529.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Попов Александр Николаевич

кандидат техн. наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Масалькин Александр Николаевич

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Хатунцев Антон Александрович

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A MULTILAYER AIRFIELD PAVEMENT UNDER THE INFLUENCE OF TEMPERATURE
Alexander Popov, Candidate of technical Sciences, Assistant Professor, Air Force Education and Research Centre The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy (Voronezh)

Alexander Masalykin, Air Force Education and Research Centre The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy (Voronezh)

Anton Khatunysev, Air Force Education and Research Centre The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy (Voronezh)

АННОТАЦИЯ

Восстановлению эксплуатационной пригодности сборных аэродромных покрытий асфальтобетонными слоями усиления препятствует его низкая трещиностойкость. Решение данной задачи должно опираться на знания физико-химических процессов, происходящих в покрытии под воздействием различных факторов, и фундаментальные уравнения механики деформирования тела.

Получена модель деформирования слоя усиления многослойного аэродромного покрытия под воздействием температуры.

Полученные данные могут быть использованы в процессе расчетов при проектировании слоев усиления сборных аэродромных покрытий из плит ПАГ.

Ключевые слова: аэродромное покрытие; слой усиления; температурное воздействие; «отраженная» трещиностойкость; касательные напряжения; напряженно-деформированное состояние.

ABSTRACT

Restore the operational integrity of prefabricated asphalt airfield pavements layers of reinforcement prevents its low fracture toughness. The solution to this problem should be based on knowledge of physical and chemical processes occurring in the coating under the influence of various factors, and fundamental equations of mechanics of deformation of the body.

The resulting model of the deformation layer of the multilayer gain airfield pavement under the influence of temperature.

The data obtained can be used in the calculation process when designing the layers of reinforcement precast airfield pavement of slabs PAG.

Keywords: airfield pavement; strengthening layer; the temperature influence; "reflected" crack resistance; the pressure tangents; the is intense-deformed condition.

Одной из основных составляющих обеспечения безопасности проведения полетов государственной авиации является эксплуатационная пригодность аэродромных покрытий.

Технология восстановления эксплуатационной пригодности сборных аэродромных покрытий из предварительно напряженных железобетонных плит ПАГ предусматривает, как правило, замену отдельно взятого разру-

шенного конструктивного элемента на новый, что не всегда является экономически оправдано. Альтернативным является способ усиления сборных покрытий асфальтобетоном, широкому применению которого препятствует, главным образом, низкая трещиностойкость асфальтобетона, и, как следствие, образование «отраженных» трещин. Добиться абсолютного отсутствия отраженных трещин практически невозможно, но обеспечить значительное уменьшение их количества и увеличение срока службы аэродромного покрытия без трещин – задача вполне решаемая. Решение данной задачи должно опираться на знания физико-химических процессов, происходящих в конструкции под воздействием различных факторов, и фундаментальные уравнения механики деформирования тела.

При проектировании асфальтобетонных слоев усиления сборных аэродромных покрытий в соответствии со СП 121.13330.2012. Аэродромы учитываются лишь вертикальные и касательные горизонтальные нагрузки. При этом отсутствуют расчеты напряженно-деформированного состояния асфальтобетонных слоев усиления на линейные деформации и напряжения, возникающие при вынужденных температурных деформациях слоя усиления.

Механизм образования трещин можно представить следующим образом: материалы покрытия при охлаждении претерпевают термическую усадку, которой противодействуют структурные связи отдельно взятого материала, реализуемые в форме растягивающих напряжений, и силы сцепления между слоями покрытия; при превышении пороговых значений напряжений (предел прочности на растяжение) в асфальтобетоне (в особенности над швами или трещинами) начинается процесс трещинообразования.

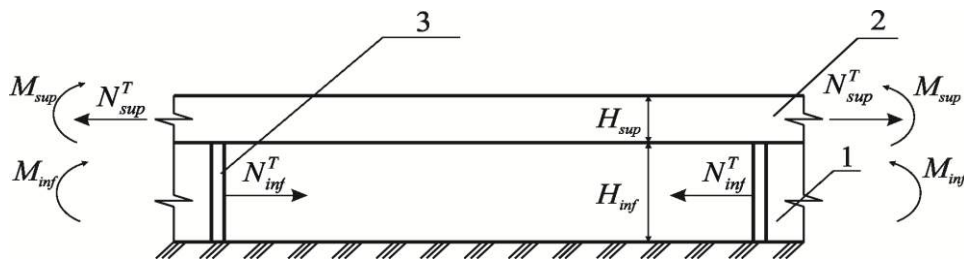
Решение задачи по образованию трещин в слоях усиления аэродромных покрытий возможно по двум направлениям. Первое – деформационное, основано на определении деформаций и их сравнении с предельной растяжимостью асфальтобетона при данной температуре.

Второе направление связано с определением растягивающих напряжений и достижением их значения временного сопротивления асфальтобетона растяжению.

Рассмотрим многослойную конструкцию усиления сборного аэродромного покрытия. Физико-механические характеристики материалов аэродромного покрытия характеризуются модулем упругости асфальтобетона E_{sup} и железобетона E_{inf} , коэффициентом линейного температурного расширения асфальтобетона и железобетона, соответственно α_{sup} и α_{inf} .

Изменение температуры приводит к деформациям сжатия верхних слоев покрытия, при том, что нижние находятся в состоянии покоя или испытывают меньшие значения деформаций. На границе контакта асфальтобетона с цементобетонным покрытием возникают силы трения τ_c , препятствующие свободным деформациям укорочения асфальтобетонного покрытия при понижении температуры. Разность температур в слоях вызывает разницу деформаций слоев, что приводит к появлению напряжений. Направления температурных усадок блоков плит основания под асфальтобетонным слоем усиления, ограниченных температурными швами, торцы которых не закреплены, при понижении температуры на Δt °C стремятся к середине, при этом швы между блоками плит увеличиваются. Ввиду того, что коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) асфальтобетонного слоя усиления α_{sup} больше, чем слоя основания α_{inf} , тогда при охлаждении слой усиления, имеющий больший КЛТР, будет подвергаться изгибу и растяжению, а слой основания – изгибу и сжатию (рисунок 1).

Внутренние силы по поперечному сечению слоя усиления приводим к растягивающему усилию N_{sup}^T и к паре моментов M_{sup} , а в зоне слоя плит основания – к сжимающему N_{inf}^T усилию и паре моментов M_{inf} . Внутренние силы в любом поперечном сечении системы должны находиться в равновесии.



1 – покрытие из плит ПАГ; 2 – слой усиления; 3 – температурный шов

Рисунок 1. Схема изгиба фрагмента аэродромного покрытия усиленного асфальтобетоном

Предположим, что в начальный период времени на рассматриваемом участке аэродромного покрытия «отраженные» трещины в асфальтобетонном слое усиления отсутствуют, целостность слоев конструкции аэродромного покрытия не нарушена. Как известно, температурные деформации симметричны, поэтому сечения в середине центральной плиты остаются неподвижными и отмечены жесткой заделкой. Правый торец железобетонной плиты толщиной H_{inf} со стороны температурного шва остается

свободным, а торец асфальтобетонного покрытия толщиной H_{sup} шарнирно закреплен от смещения на расстоянии от заделки. В качестве расчетной длины L_p принимаем участок, равный половине расстояния между температурными швами в покрытии $L_p = L_T / 2$. Расчетная схема фрагмента участка аэродромного покрытия представлена на рисунке 2.

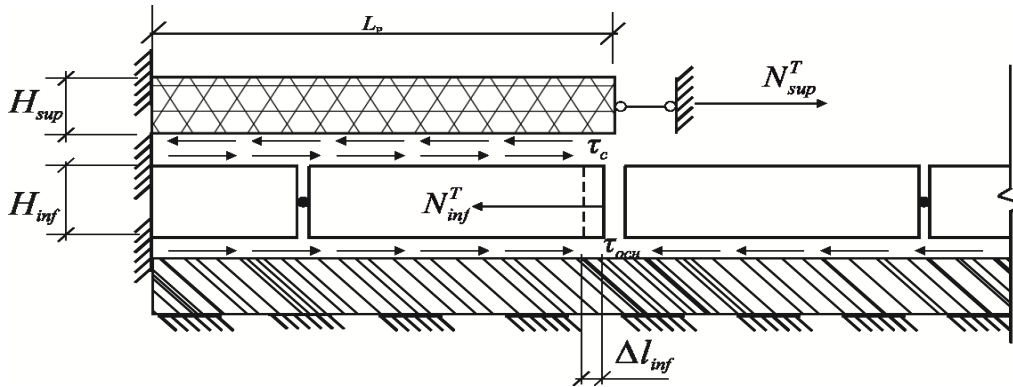


Рисунок 2. Расчетная схема определения растягивающих напряжений

При выполнении расчета были приняты следующие допущения:

- аэродромное покрытие подвергается только температурному воздействию, напряжения от вертикальных перемещений при воздействии колесной нагрузки не учитываются;
- работа конструкции аэродромного покрытия ограничивается только упругой стадией, т.к. рассматривается напряженно-деформированное состояние в зимние, наиболее холодные месяцы года, при температурах близких к температурам хрупкости асфальтобетона;
- накопление деформаций и напряжений, неблагоприятное воздействие морозного пучения, явления релаксации и старения асфальтобетона, приводящее к увеличению модуля упругости, не учитываются;
- коробление плит, вызванное изменением температуры, не рассматривается, т.к. происходит в жаркое время года, во время значительных перепадов суточных температур [1];
- напряжения от изгиба плиты компенсируются собственным весом покрытия;
- силы сцепления – трения между асфальтобетонным слоем и существующим сборным покрытием

постоянны по длине и равны $\tau_c = \tau \cdot L_p / 2$.

При изменении температуры каждый из материалов конструкции покрытия, асфальтобетон и железобетон, стремится изменить свои размеры в соответствии с КЛТР, но за счёт сцепления между конструктивными слоями материалов конструкции, величина деформации будет одинакова для обоих. Следовательно, деформация

каждого слоя есть не что иное, как сумма деформации свободно работающего материала и деформации, вызванной их взаимным влиянием, по оси X и Y [2]:

$$\begin{aligned} \Delta L_{sup_x} - \Delta L_{inf_x} &= \Delta L'_{sup_x} + \Delta L'_{inf_x}, \\ \Delta L_{sup_y} - \Delta L_{inf_y} &= \Delta L'_{sup_y} + \Delta L'_{inf_y}. \end{aligned} \quad (1)$$

Растягивающие напряжения подставляются со знаком плюс, сжимающие – со знаком минус.

Деформации свободно работающих материалов покрытия на основании теории упругости можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta L_{sup_x} - \Delta L_{inf_x} &= \alpha_{sup} L_x \Delta T_{sup_x} - \alpha_{inf} L_x \Delta T_{inf_x} = 0, \\ \Delta L_{sup_y} - \Delta L_{inf_y} &= \alpha_{sup} L_y \Delta T_{sup_y} - \alpha_{inf} L_y \Delta T_{inf_y} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где ΔL_{sup_x} и ΔL_{sup_y} – деформации свободно работающего

асфальтобетона соответственно по оси X и Y; ΔL_{inf_x} и

ΔL_{inf_y} – деформации свободно работающего железобетона

соответственно по оси X и Y; α_{sup} , α_{inf} – коэффициент линейного расширения асфальтобетона и железобетона соответственно; L_x и L_y – длина рассматриваемого участка соответственно по оси X и Y; ΔT_{sup} и ΔT_{inf} – изменение температуры средней плоскости соответственно асфальтобетона и железобетона.

Деформации, вызванные взаимным влиянием материалов, на основании обобщенного закона Гука для изотропного тела в направлении оси X и Y от действия напряжений σ_x и σ_y будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \Delta L'_{sup_x} + \Delta L'_{inf_x} &= \left(\frac{\sigma_{sup_x} L_x}{E_j^{sup}} - \mu_{sup} \frac{\sigma_{sup_y} L_y}{E_j^{sup}} \right) + \left(\frac{\sigma_{inf_x} L_x}{E_j^{inf}} - \mu_{inf} \frac{\sigma_{inf_y} L_y}{E_j^{inf}} \right) = 0, \\ \Delta L'_{sup_y} + \Delta L'_{inf_y} &= \left(\frac{\sigma_{sup_y} L_y}{E_j^{sup}} - \mu_{sup} \frac{\sigma_{sup_x} L_x}{E_j^{sup}} \right) + \left(\frac{\sigma_{inf_y} L_y}{E_j^{inf}} - \mu_{inf} \frac{\sigma_{inf_x} L_x}{E_j^{inf}} \right) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\Delta L'_{sup_x}$ и $\Delta L'_{sup_y}$, σ_{sup_x} и σ_{sup_y} – соответственно деформации и напряжения в асфальтобетоне в результате воздействия на него железобетонного основания по оси X

и Y; $\Delta L'_{inf_x}$ и $\Delta L'_{inf_y}$, σ_{inf_x} и σ_{inf_y} – соответственно деформации и напряжения железобетона в результате воздействия на него асфальтобетона соответственно по оси X

и γ ; E_j^{sup} , E_j^{inf} – модуль упругости соответственно асфальтобетона и железобетона; μ_{sup} и μ_{inf} – коэффициенты Пуассона соответственно для асфальтобетона и железобетона.

При отсутствии горизонтальной связи напряжения в асфальтобетонной плите под действием сжимающих сил сцепления τ_c с железобетонным основанием при их равномерном распределении по длине составят [3]:

$$\sigma_{sup} = \frac{\tau_c \cdot L_p}{2 \cdot H_{sup}} \tag{4}$$

$$\alpha_{sup} L_p \Delta T_{sup} - \frac{\tau_c \cdot L_p^2}{2 \cdot E_j^{sup} \cdot H_{sup}} (1 - \mu_{sup}) = \alpha_{inf} L_p \Delta T_{inf} + \frac{(\tau_c + \tau_{очн}) \cdot L_p^2}{2 \cdot E_j^{inf} \cdot H_{inf}} (1 - \mu_{inf}). \tag{6}$$

Анализ полученного выражения показывает, что изменение НДС многослойной аэродромной конструкции зависит от толщины и модуля упругости слоя усиления, качества сцепления слоя усиления с существующим покрытием и величины температурного перепада.

Очевидно, что сцепление между железобетонным покрытием и основанием снижает величину нормальной

растягивающей силы N_{sup}^T асфальтобетонного слоя усиления в сечении над швом. Таким образом, нарушение сцепления между асфальтобетонным слоем и сборным покрытием ведет к резкому снижению напряжения в верхнем слое и, следовательно, не допускает образования «отраженных» трещин.

Выразим величину касательных напряжений τ_c на границе сращивания плит покрытия и асфальтобетонного слоя усиления из выражения (8):

$$\tau_c = \frac{H_{sup} E_j^{sup} H_{inf} E_j^{inf}}{H_{sup} E_j^{sup} (1 - \mu_{inf}) + H_{inf} E_j^{inf} (1 - \mu_{sup})} \times \left[\frac{1}{L_p} (\alpha_{sup} \Delta T_{sup} - \alpha_{inf} \Delta T_{inf}) - \frac{\tau_{очн}}{H_{inf} E_j^{inf}} (1 - \mu_{inf}) \right]. \tag{7}$$

С учетом (6), величина суммарных растягивающих напряжений в асфальтобетонном слое усиления, уложенного на трещиновато-блочное основание σ_{sup} , составит:

$$\sigma_{sup} = \frac{H_{inf} E_j^{sup} E_j^{inf}}{2 \cdot (H_{sup} E_j^{sup} (1 - \mu_{inf}) + H_{inf} E_j^{inf} (1 - \mu_{sup}))} \times \left[(\alpha_{sup} \Delta T_{sup} - \Delta T_{inf} \alpha_{inf}) - \frac{L_p \tau_{очн}}{H_{inf} E_j^{inf}} (1 - \mu_{inf}) \right]. \tag{8}$$

Таким образом, зная предельно допустимые значения растягивающих напряжений $\sigma_{пред}$ в асфальтобетонном слое усиления, можем сравнить их с напряжениями, вычисленными по полученной зависимости σ_{sup} , тем самым определить момент образования «отраженных» трещин.

Из всего спектра мероприятий по борьбе с «отраженным» трещинообразованием хотелось бы выделить следующие:

Напряжения в железобетонной плите в результате воздействия на нее сил сцепления – трения с искусственным основанием и асфальтобетонным слоем усиления составят:

$$\sigma_{inf} = \frac{(\tau_c + \tau_{очн}) \cdot L_p}{2 \cdot H_{inf}} \tag{5}$$

Допустим $L_x = L_y = L_p$. Подставив выражения (4), (5) с учетом (6), (7) в условие (3), после преобразований получим модель деформирования многослойной конструкции аэродромного покрытия под воздействием нестационарной температуры:

- понижение модуля упругости асфальтобетона, например, путем регулирования свойств используемого битума;
- уменьшением сцепления между слоем усиления и плитами основания;
- увеличение толщины асфальтобетонного слоя усиления;
- устройство дополнительного трещинопрерывающего слоя.

Значительное увеличение толщины слоя усиления нецелесообразно, ввиду возможного появления колея на поверхности покрытия в период высоких температур. Уменьшение модуля упругости асфальтобетонного слоя усиления в летнее время приведет к проблемам по обеспечению сдвигоустойчивости и несущей способности покрытия.

Особое место занимает вариант снижения напряжений в асфальтобетоне устройством трещинопрерывающей прослойки. Физико-механические характеристики прослойки должны обеспечивать совместную работу старого покрытия и слоя усиления, иметь достаточную прочность, нивелировать значения коэффициентов линейного температурного расширения асфальтобетона и железобетона плит ПАГ, рассеивать механическую энергию на большую площадь, тем самым не допуская концентрации напряжений над швами и трещинами, и, как следствие, возникновение «отраженных» трещин.

Литература

1. Горецкий Л.И. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурные воздействия. - М.: Транспорт, 1965. - 284 с.
2. Баловнева И.И., Волков Ю.П. Повышение трещиностойкости асфальтобетона при усилении аэродромных покрытий // Эксплуатация аэродромов гражданской авиации. - М., 1975. – С. 8-13. - (Тр./Аэропроект; Вып. 18).
3. Чернигов, В.А., Субботина, И.В. К расчёту и конструированию цементобетонных оснований под асфальтобетонные покрытия // Совершенствование конструкций дорожных бетонных покрытий и повышение качества бетона. – М., 1967. – С. 33-58. – (Тр./Союздорнии; Вып. 17).

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Мельникова Елена Валерьевна

магистр «Саратовский Государственный, Аграрный Университет» им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Голубенко Ольга Александровна

кандидат технических наук, доцент, «Саратовский Государственный, Аграрный Университет» им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Коник Нина Владимировна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, «Саратовский Государственный, Аграрный Университет»

им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Свекольниковна Ольга Юрьевна

кандидат технических наук, доцент, «Саратовский Государственный, Аграрный Университет» им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

Для сельскохозяйственной продукции, которая является биологическим объектом стандартизации, характерны два взаимосвязанных свойства - наследственность и изменчивость, которые затрудняют установление требований к качеству продукции. В связи с разной качественностью сельскохозяйственной продукции в стандартах нельзя ограничиться установлением только одного уровня качества. Должны быть введены показатели качества и нормы, с помощью которых можно оценить всю полученную продукцию. Поэтому в стандартах на сельскохозяйственную продукцию требования к ее качеству регламентируются дифференцировано по товарным сортам, классам, категориям, номерам.

Требования к качеству продукции дифференцируют и в зависимости от направления ее использования. Качество одной и той же продукции может быть признано высоким при использовании ее для одних целей и оказаться низким при других способах ее использования. Так, при повышении содержания белка в ячмене повышается его пищевая ценность и, следовательно, его качество как пищевого и фуражного продукта, но снижаются его технологические свойства в случае использования для пивоварения. Из мягкой стекловидной пшеницы с содержанием белка 14% и клейковины 1-й группы качества 25% и более можно получить хлеб с большим объемом, эластичным и нежным мякишем, то есть она является пшеницей высокого качества. Однако эта пшеница менее пригодна для кондитерской промышленности, где предпочтительнее использовать пшеницу мучнистую, с высоким содержанием крахмала и небольшим содержанием белка (9-11%).

Требования к качеству продукции должны быть оптимальными.

Стандарты на сельскохозяйственную продукцию должны содержать показатели качества, характеризующие ее технологические достоинства. К таким показателям относятся: содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и в винограде, клейковины в зерне пшеницы, крахмала в картофеле для промышленной переработки, кислотное число жира в подсолнечнике, содержание жира и белка в молоке, водосвязывающая способность мяса и др. Оплата продукции с учетом основного технологического показателя способствует заинтересованности работников сельского хозяйства в улучшении качества продукции, снижении потерь при хранении и переработке сырья.

На скоропортящуюся продукцию некоторых овощей и фруктов нужны дифференцированные требования

к качеству в местах заготовки, отгрузки и в местах назначения после длительной транспортировки.

Сельскохозяйственную продукцию приходится хранить до ее реализации и часто очень длительное время. Поэтому в стандартах на сельскохозяйственную продукцию должны быть введены показатели качества, характеризующие не только ее пищевую ценность, технологические свойства, но и долговечность.

Для оценки качества сельскохозяйственной продукции необходимы стандарты на объективные и экспресс методы оценки, позволяющие быстро и точно определять показатели качества.

Особенности стандартизации сельскохозяйственной продукции заключаются также и в том, что при разработке нормативных документов должны быть учтены признаки оценки ее качества.

Качество пищевой продукции - совокупность характеристик, которые обуславливают ее потребительские свойства и обеспечивают безопасность для человека.

Пищевая ценность - комплекс свойств пищевых продуктов, обеспечивающих физиологические потребности человека в энергии и основных пищевых веществах. Пищевая ценность суммарно отражает энергетическую и физиологическую ценности, биологическую полноценность, усвояемость веществ, входящих в состав продукта, а также оценку его состояния и вкусовых достоинств (рисунков 1).

Энергетическая ценность (калорийность) - способность компонентов пищевых продуктов удовлетворять потребности организма в энергии (ккал, кДж), высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ для обеспечения его физиологических функций.

Биологическая полноценность включает биологическую ценность и биологическую эффективность.

Биологическая ценность - показатель качества пищевого белка, отражающий степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка.

Биологическая эффективность — показатель качества жировых компонентов пищевых продуктов, отражающий содержание в них полиненасыщенных жирных кислот.

Физиологическая ценность - влияние пищевых продуктов на пищеварительную, сердечно-сосудистую, кроветворную и другие системы организма и на сопротивляемость инфекционным заболеваниям. Обеспечивается физиологически активными веществами.

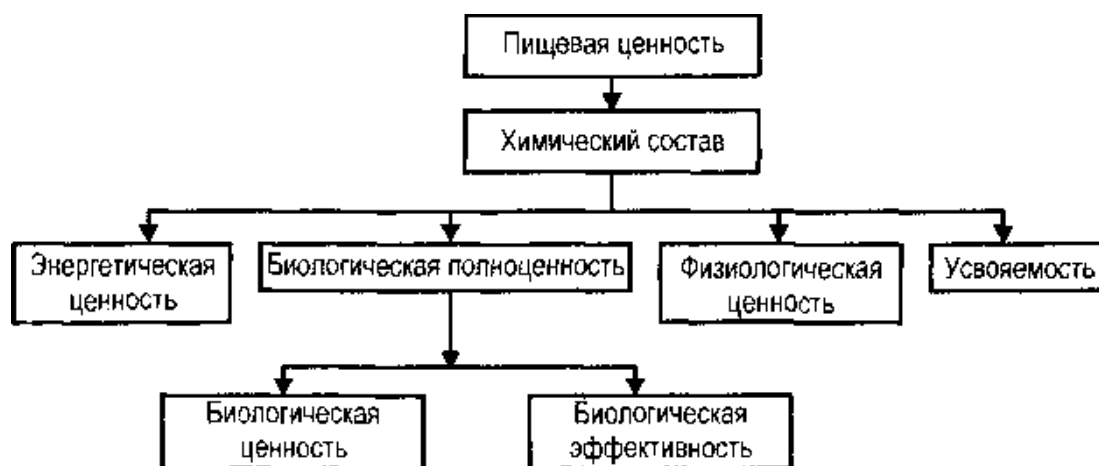


Рисунок 1. Схема, отражающая пищевую ценность продуктов питания

Для изучения потребительских свойств продовольственных товаров и понимания процессов, происходящих в них на стадии производства и хранения, надо прежде всего знать их химический состав и свойства, входящих в них химических веществ. Химический состав пищевых продуктов необходимо знать и для организации рационального питания человека, то есть потребления пищи, сбалансированной по качественному и количественному составу. Пищевые продукты оценивают прежде всего по содержанию основных питательных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ.

Однако следует помнить, что в сельскохозяйственных пищевых продуктах наряду с полезными веществами может быть целый ряд соединений, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. К таким соединениям относятся контаминанты пищевых продуктов из окружающей среды - тяжелые металлы, пестициды, нитраты, нитриты, N-нитрозамины, бактериальные и грибные токсины и др., а также токсины естественного происхождения. Отсюда возникло понятие о безопасности пищевой продукции.

Безопасность пищевой продукции - отсутствие опасности для жизни и здоровья людей нынешнего и будущего поколений, определяемое соответствием пищевой продукции гигиеническим требованиям и санитарным правилам и нормам. Продукты считают безопасными, если отсутствует токсическое, канцерогенное, мутагенное или иное неблагоприятное действие на организм человека при употреблении их в общепринятых количествах. Безопасность сельскохозяйственных продуктов зависит от профессиональной культуры агронома, его экологических знаний, понимания серьезности проблемы.

Потребительские требования к пищевым продуктам растут. Потребитель обращает внимание на цветовую, вкусовую гамму, удобство пользования в быту и т.д.

При оценке качества сельскохозяйственной продукции как сырья для перерабатывающих отраслей промышленности большое значение уделяют ее технологическим свойствам.

Технологические свойства продукции - это возможность получения из нее продуктов высокого качества при соответствующих затратах энергии. При переработке доброкачественного сырья увеличивается выход продуктов или изделий хорошего качества, появляется возможность расширять ассортимент товаров.

Пищевая и технологическая ценность зерна и семян различных культур, овощей и плодов, сахарной свеклы, хмеля и другой растениеводческой продукции зависит от почвенно-климатических и погодных условий, сорта, способов и сроков уборки урожая, его послеуборочной обработки, транспортирования и хранения.

В процессе реализации сельскохозяйственной продукции необходимо учитывать ее долговечность.

Долговечность - это период, в течение которого продукт сохраняет свои семенные, технологические или продовольственные свойства. Устойчивость некоторых продуктов (овощей, картофеля, плодов) при хранении и связанная с этим продолжительность хранения получила название лежкости. В семеноведении различают долговечность биологическую и хозяйственную.

Биологическая долговечность — это промежуток времени, в течение которого в партии сохраняются способными к прорастанию хотя бы единичные семена.

Хозяйственная долговечность - период времени, в течение которого их всхожесть остается кондиционной и отвечает требованиям государственного нормирования.

Для зерновых масс применяют понятие технологической долговечности. Это срок хранения товарных партий зерна, при котором сохраняются их полноценные свойства для использования на пищевые, фуражные или технические нужды.

Различные культуры обладают разной долговечностью. Даже разные сорта одной культуры хранятся по-разному. С учетом долговечности определяют сроки реализации как растениеводческой, так и животноводческой продукции.

Таким образом, для развития сельскохозяйственных предприятий и повышения качества их продукции необходима, на наш взгляд, реализация следующих первоочередных мероприятий регионального уровня (кроме мероприятий общегосударственного, межрегионального уровня):

- расширение ассортимента производимой региональными аграрными товаропроизводителями сельскохозяйственной продукции;
- внедрение инноваций в агропромышленное производство региона;
- увеличение объемов сельскохозяйственной продукции, производимой в регионе;
- повышение качества сельскохозяйственной продукции.

Одним из механизмов решения этих задач является внедрение систем менеджмента качества на предприятиях сельхозсектора РТ, в частности на соответствие международным стандартам ИСО серии 9000 и ИСО 14000; сертификация и контроль качества сельскохозяйственной продукции; стандартизация и метрологическое обеспечение производства.

Осуществление практических задач в рамках названных направлений должно обеспечить стабилизацию и рост урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных, снижение себестоимости продукции, увеличение прибыли предприятия, повышение уровня конкурентоспособности продукции и производства.

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 2 января 2000 г. № 28-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (с изменениями от 19 июля 2011 г.)
2. Особенности разработки и внедрения систем менеджмента качества в испытательной лаборатории / О.А. Голубенко, А.А. Дедух – Журнал № 7 «Евразийский союз ученых», 2014 – с. 48-50, ISSN 2575-7999.
3. Управление качеством продукции. Сборник национальных стандартов,- М.: ИПК Изд-во стандартов, 2013. - С. 256.
4. Пути повышения продуктивности овец ставропольской породы. Аграрная наука 2010 №10 с.26-30

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЯ СИЛОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

Конесев Сергей Геннадьевич

кандидат тех. наук, доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа

Мухаметшин Андрей Валерьевич

Аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа

Конев Александр Александрович

Студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа

Мухаметшин Евгений Валерьевич

Ученик, МОБУ Краснохолмская СОШ №2, с.Краснохолмский

MODELING OF TESTS POWER CABLE LINE

Konesev Sergey, candidate of technic science, docent, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Mukhametshin Andrey, postgraduate student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Konev Aleksandr, student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Mukhametshin Evgeny, pupil, Municipal General Budgetary Education Krasnoholmsky Institution Secondary General School №2, Krasnoholmsky

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена моделированию процесса испытания силовой кабельной линии повышенным выпрямленным напряжением в программе Elcut 6.0. Полученная модель позволяет спрогнозировать состояние изоляции кабеля за все время его эксплуатации и может служить дополнительным заключением о состоянии силового кабеля.

ABSTRACT

Article is devoted to modeling the process of testing a power cable line with a high DC voltage in the program Elcut 6.0. The resulting model allows to predict the state of the cable insulation and can serve as an additional opinion on the state of the power cable.

Ключевые слова: компьютерная модель; повышенное выпрямленное напряжение; ток утечки; кабельная линия; испытание.

Keywords: computer model; high DC voltage; leakage current; cable line test.

Испытание изоляции кабеля повышенным выпрямленным напряжением с целью контроля изоляции по току утечки позволяет выявлять как частичное, так и сквозное увлажнение изоляции. Применение повышенного вы-

прямого напряжения позволяет уменьшить мощность испытательного трансформатора и делает возможным испытание объектов большой емкости. Нормы испытаний силовых кабельных линий приведены в [1, с. 569], [2, с. 107].

Таблица 1

Значения испытательных напряжений и допустимых токов утечки

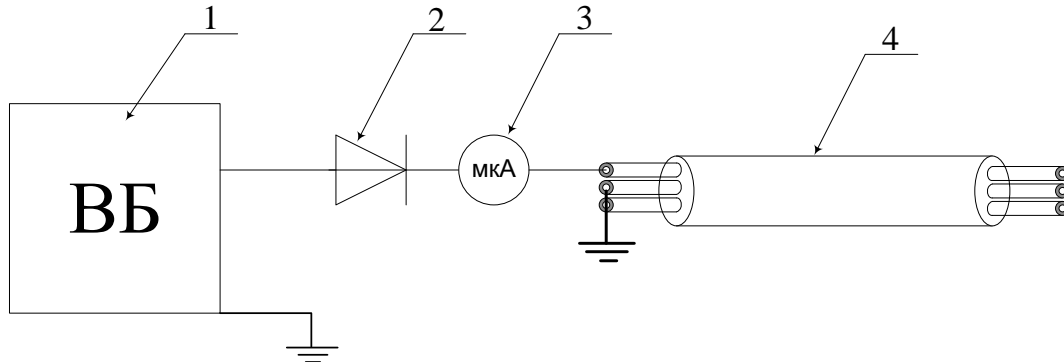
Кабели напряжением, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Допустимое значение тока утечки, мА
6	36	0,2
10	50	0,5
20	100	1,5
35	140	1,8
110	285	Не нормируется
220	510	Не нормируется

Перед проведением испытания повышенным выпрямленным напряжением сначала проводят визуальный осмотр, который включает в себя:

- проверку паспортных данных, соответствие проекту смонтированных аппаратов;
- проверку видимых повреждений и следов локальных перегревов;

- проверку состояния монтажа присоединений;
- проверку выполнения фазировки.

После проведения визуального осмотра проводят испытание повышенным выпрямленным напряжением. Схема испытания изображена на рисунке 1.



1– высоковольтный блок; 2– диод; 3– микроамперметр; 4– силовой кабель
Рисунок 1. Схема подключения высоковольтной испытательной установки

В качестве принципиальной схемы также могут использоваться различные схемотехнические решения, приведенные в [3, с.178], [4, с.209], [5].

У трехжильных кабелей испытанию подвергается изоляция каждой жилы относительно металлической оболочки и других заземленных жил. Согласно ГОСТа 1516.2-97 скорость подъема напряжения до 1/3 испытательного может быть произвольной, а дальнейшее повышение напряжения должно быть плавным и быстрым, но позволяющим при напряжении более 3/4 испытательного считывать показания измерительного прибора. Испытательное напряжение, приложенное к испытательному объекту, должно быть постоянным с коэффициентом пульсации не более 3%. На последней минуте испытания необходимо записать результат тока утечки. Объект считают выдержавшим испытание, если во время приложения нормированного испытательного напряжения не произошло полного разряда или недопустимых повреждений изоляции.

По данным многолетних испытаний силовой кабельной линии на реальном объекте была поставлена задача смоделировать процесс испытания силовой кабельной линии и спрогнозировать дальнейший ее ресурс. Исследования проводились на основе рабочих журналов и протоколов испытаний силовой кабельной линии от ведущих электролабораторий: ЗАО «Уфа-АвиаГаз» (г. Уфа), ООО НИЦ «Энергодиагностика» (г. Уфа) и ООО «Башэнергонефть» (г. Нефтекамск). Полученные данные для исследования представлены в таблице 2.

Исходными данными для моделирования определены следующие характеристики материалов кабеля: удельная электропроводность жил, удельная электропроводность внутренней изоляции, удельная электропроводность внешней изоляции, удельная электропроводность стальной ленты, удельная электропроводность воздуха [6, стр. 169], [7, стр.59], [8, стр.26].

Результаты. Получены результаты натурного эксперимента и компьютерного моделирования испытания изоляции силовой кабельной линии. В таблице 2 представлены результаты для одной из фаз.

Таблица 2

Результаты испытания и измерений силового кабеля (АСБГ 3х35)

Вид испытания	Испытательное напряжение, кВ	Ток								Ток точки по НТД, не более, мА	Заключение	Значение электропроводности изоляции, См/м
		0	6	12	18	24	30	36				
1995 год												
Экспериментальные данные	Токи, мкА	A-(B+C+N)	0	3,9	9,8	16,1	21	27,8	30,5	0,2	Соотв. НТД	-
			0	2,6	11,2	16,4	23,1	26,7	32,9	0,2	Соотв. НТД	7,061·10 ⁻¹⁴
2000 год												
Экспериментальные данные	Токи, мкА	A-(B+C+N)	0	0	5	10,7	21	54	65	0,2	Соотв. НТД	-
			0	0	5	9	21	55	66	0,2	Соотв. НТД	7,341·10 ⁻¹²

Вид испытания	Испытательное напряжение, кВ	0	6	12	18	24	30	36	Ток точки по НТД, не более, мА	Заключение	Значение электропроводности изоляции, См/м	
2010 год												
Экспериментальные данные	Токи, мкА	A-(B+C+N)	0	20,7	28,4	58,1	64,5	85,9	110,7	0,2	Соотв. НТД	-
Elcut 6.0			0	21,8	34,5	52,7	56,9	86,1	107,5	0,2	Соотв. НТД	$4,214 \cdot 10^{-10}$
2033 год												
Elcut 6.0	Токи, мкА	A-(B+C+N)	0	52,5	84,2	121,7	155,7	179,8	205,6	0,2	Не соотв. НТД	$6,108 \cdot 10^{-9}$

По результатам моделирования в программе Elcut 6.0 и протоколов испытания силовой кабельной линии построен график зависимости удельной проводимости по годам для фазы «А» (рис. 1).

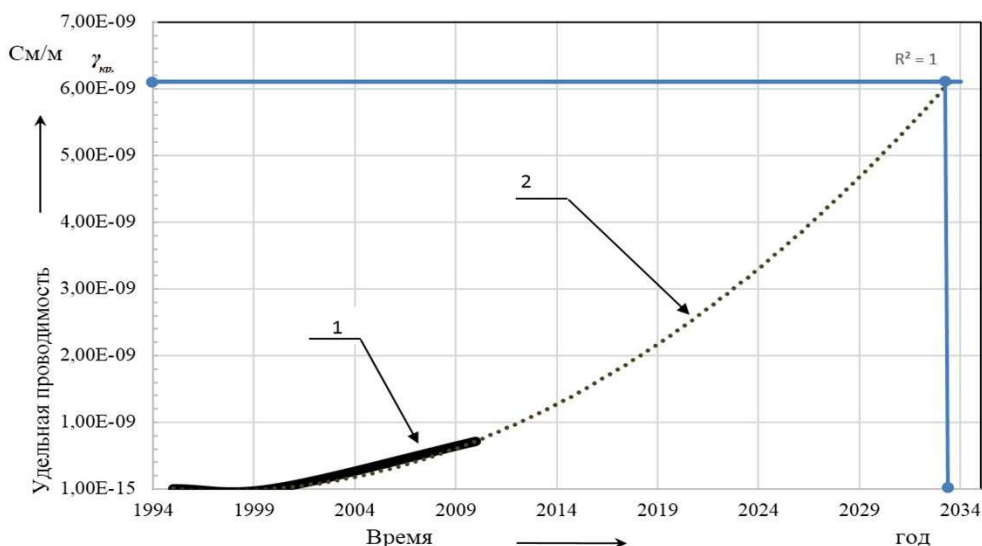


Рисунок 1. Результат прогноза эксплуатации кабеля:
1-Зависимость образца; 2- Линия тренда образца.

На рисунке 1 проведена аппроксимация тренда. Из рисунка следует, что эксплуатация кабеля по данным компьютерного моделирования возможна до 2033 года, так как для данного вида кабеля определена критическая проводимость, при которой ток утечки равен или больше 0,2 мА. Величина достоверности аппроксимации равна

единице, а функция аппроксимации продолжена на 24 точки вперед.

В результате моделирования в программе Elcut 6.0 получены картины силовых линий напряженности электрического поля в процессе испытания в 2010 году (рис.2а) и для 2033 года (рис. 2б).

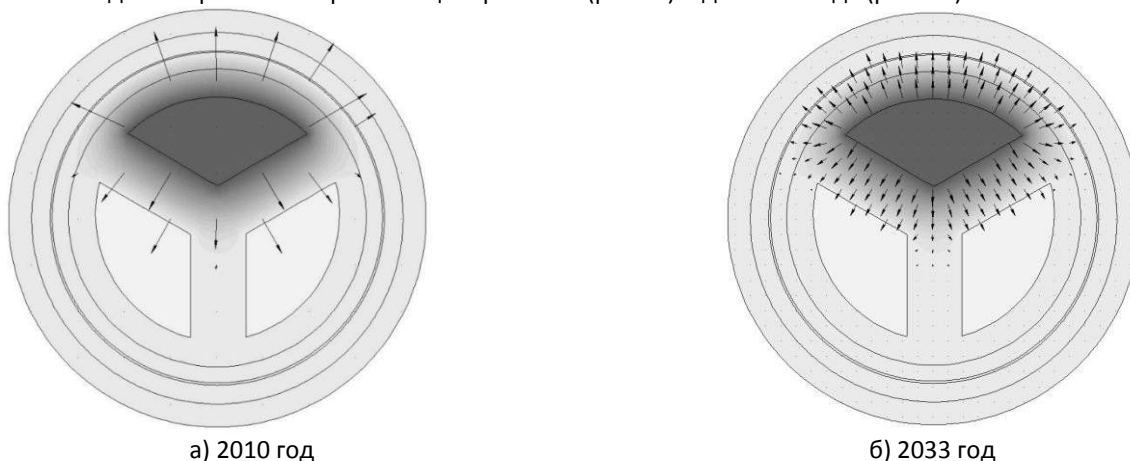


Рисунок 2. Картина поля напряженности в процессе испытания, испытательное напряжение 36 кВ

По картине силовых линий напряженности электрического поля (рис.2,б) можно сделать вывод о наличии дефекта в изоляции силового кабеля в 2033 году.

Выводы. Полученная компьютерная модель в программе Elcut 6.0 может служить дополнительным заключением и позволяет достоверно спрогнозировать дальнейшее состояние изоляции кабеля. При работе в номинальном режиме эксплуатации без изменения эксплуатационных условий (параметров) силовой кабельной линии, данная компьютерная модель дает достоверный прогноз о состоянии кабеля на последующих 23 года его эксплуатации.

Литература

1. Библия электрика: ПУЭ (шестое и седьмое издания, все действующие разделы); МПОТ; ПТЭ. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2008
2. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. Под общ. ред. Б.А. Алексева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004
3. Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Хазиева Р.Т., Стрижев Д.А. Новые схмотехнические решения резонансной высоковольтной испытательной установки. Межвузовский сборник научных трудов «Инновационные направления развития электропривода, электротехнологий и электрооборудования». Уфа, УГНТУ, 2012
4. Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Кириллов Р.В., Выбор схемы ВИУ для работы в резонансном режиме. Сборник научных трудов конференции «I Международная (IV Всероссийская научно-техническая конференция». Уфа, УГНТУ, 2013
5. Конесев С.Г., Мухаметшин А.В. Компактная испытательная установка для испытания изоляции электрооборудования повышенным напряжением // Патент РФ № 132213, 10.09.2013. Бюл. №25
6. Мухаметшин А.В. Моделирование процесса испытания диэлектрических перчаток в программе Elcut 6.0 // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвузовский сборник научных трудов/ редкол.: В.А. Шабанов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2014
7. Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Конев А.А., Шаяхметов И.И. Моделирование процесса испытания жидких электроизоляционных материалов. // Энергетические и электротехнические системы: международный сборник научных трудов. Вып.1 / под ред. С.И. Лукьянова, Н.В. Шведченко.– Магнитогорск, гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014
8. Разработка компьютерной модели процесса испытания жидких электроизоляционных материалов / Конесев С.Г., Мухаметшин А.В., Конев А.А., Шаяхметов И.И. // Электротехнические системы и комплексы. – 2014. –№4(25).