

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "ADVANCED TECHNOLOGIES, MACHINES AND MECHANISMS IN ENGINEERING AND CONSTRUCTION"

<i>Александров И.С., Герасимов А.А., Плавич А.Ю.</i> Прогнозирование термодинамических свойств компонентов органических энергоносителей. Циклоалканы.	4
<i>Колина Т.П.</i> Высокотемпературное никотрирование в древесноугольных смесях	10
<i>Лецинский М.Б., Лецинская Г.И., Загацкий В.Р., Никулин Т.Р., Логвенкин О.Е.</i> Макет микродуговой импульсной сварки	14
<i>Лецинский М.Б., Лецинская Г.И., Загацкий В.Р., Никулин Т.Р., Сапожников А.А.</i> Макет индукционного высокочастотного нагревателя.....	19
<i>Наумов В.А.</i> Обработка результатов испытаний одновинтовых насосов, применяемых в строительстве	22
<i>Середа Н.А., Агафонова П.Л.</i> Вид шатунной кривой кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа.....	29
<i>Середа Н.А., Зубавичюс Р.В.</i> Манипулятор для передачи изделий: согласование геометрических параметров	33
<i>Соколова И.А.</i> Экологическая культура машиностроительных предприятий как условие внедрения природосохранных технологий	37
<i>Сукиасов В.Г.</i> Анализ жесткостных характеристик каркасных конструкций	43
<i>Федоров С.В.</i> К тепловым моделям диссипации энергии при трении	53

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ, ОБЩЕМ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ»

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "INNOVATIONS IN VOCATIONAL, GENERAL AND FURTHER EDUCATION"

<i>Аксютин П.А., Гончарова С.В., Ильина Т.С.</i> Методика обучения бакалавров педагогического образования дисциплине «инфокоммуникационные технологии» с использованием электронного обучения.....	63
<i>Бычкова О.С., Бокарев М.Ю.</i> Организация образовательной деятельности в условиях электронного обучения и дистанционных технологий	67
<i>Горбунова В.Б., Поздняков А.А.</i> Правовая культура педагога как многовекторный фактор его коммуникативной компетентности	69
<i>Жестовский А.Г., Околот Д.Я., Рудинский И.Д.</i> Культура информационной безопасности морского специалиста. Основы формирования.....	73

<i>Заболотнова Е.Ю.</i> Промежуточная и итоговая аттестация по дисциплине «Программирование» в условиях дистанционного обучения.....	78
<i>Карпова Н.А.</i> Разработка цифровой среды учителя средствами сервисов GOOGLE.....	82
<i>Кондратенко Б.А., Кондратенко А.Б., Рудинский И.Д.</i> Организация образовательного процесса в инфокоммуникационной образовательной среде РАНХиГС.....	86
<i>Корнева И.П.</i> Исследование вложений геометрических реализаций планарных подстановок в плоскость.....	90
<i>Кочановская Е.В.</i> Условия формирования познавательной самостоятельности у студентов в процессе изучения химии.....	94
<i>Лидер А.М., Слесаренко И.В.</i> Новые задачи и формы организации инженерно-технической подготовки онлайн в университетах сегодня.....	98
<i>Лутовинова А.М.</i> Игровые компьютерные технологии – перспективный инструмент профессиональной деятельности педагога-логопеда.....	103
<i>Маханек А.Б.</i> Проблемы формирования содержания и оценочных средств учебной дисциплины «Правоведение» в свете требований ФГОС ВО III поколения.....	107
<i>Мухина С.Н., Скоробогатых Е.Ю.</i> Практический опыт применения математических компьютерных комплексов при изучении теории графов.....	111
<i>Недоступ А.А., Соколова Е.В.</i> Ведомственный проект Федерального агентства по рыболовству «Повышение качества образования в профессиях рыбохозяйственного комплекса и их популяризация в России» по внедрению компетенции «Прибрежное рыболовство».....	116
<i>Новоселов К.А., Силина С.Н.</i> Исследование учебно-профессиональной мотивации курсантов в условиях дистанционного обучения.....	120
<i>Околот Д.Я., Петрикин В.А.</i> Особенности подготовки кадров в области информационной безопасности для экономической системы региона в системе среднего профессионального образования.....	123
<i>Пугачева Н.С.</i> Педагогические условия разработки эффективного учебно-методического обеспечения.....	128
<i>Рудаченко С.В., Рудаченко Т.В.</i> К вопросу о формировании графических компетенций студентов технических специальностей.....	133

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО – 2020»

VI INTERNATIONAL CONFERENCE "INNOVATIVE BUSINESS – 2020"

<i>Гнатюк В.И.</i> Ранговое гиперпараметрическое распределение как элемент цифрового двойника по электропотреблению.....	139
<i>Демина М.Г.</i> Социально-философские аспекты управления талантами с использованием цифровых образовательных платформ.....	147
<i>Дорофеев С.А., Ковалевский Р.И., Меркулов А.А.</i> Определение показателей, влияющих на расчёт потенциала энергосбережения организационно-технических систем.....	151
<i>Иващенко А.А., Голубков А.В.</i> Перспективы применения методики повышения эффективности расходования энергетических ресурсов организационно-технических систем западного сектора Арктики России.....	157
<i>Кивчун О.Р., Геллер Б.Л.</i> Мониторинг электропотребления организационно-технической системы в модели управления цифровой платформы энергоэффективности.....	170
<i>Луценко Д.В., Гнатюк В.И.</i> Методика определения целевого рангового параметрического распределения в задаче снижения электропотребления регионального электротехнического комплекса.....	178
<i>Олейник В.С., Луценко Д.В., Голубков А.В.</i> Параметрический анализ многономенклатурной организационно-технической системы техноценологического типа с использованием концепции баз данных.....	182

<i>Олейник В.С., Тимченко, А.В., Геллер Б.Л.</i> Реализация процедуры зр-нормирования для организационно-технической системы средствами СУБД.....	190
<i>Петренко Е.В, Морозов Д.Г.</i> Цифровой двойник припортового электротехнического комплекса Калининградской области.....	196
<i>Шейнин А.А., Косенков О.Н.</i> Критериально-алгоритмическая система цифровой платформы управления энергетическим балансом человеческого организма	203
<i>Шейнин А.А., Косенков О.Н.</i> Цифровая платформа поддержания энергетического баланса человеческого организма	210

I НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

I NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS"

<i>Ахремчик О.Л.</i> Учет микробиологической обсемененности при автоматизации производства плодовоовощных консервов.....	215
<i>Белей В.Ф., Решетников Г.А.</i> Принципы автоматизации ветроустановок фирмы ENERCON.....	220
<i>Болотина И.О., Седнев Д.А., Долматов Д.О., Портенко В.А.</i> Роботизированные технологии контроля качества изделий из композиционных материалов	226
<i>Будченко Н.С., Долгий Н.А.</i> Алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов	232
<i>Будченко Н.С., Долгий Н.А.</i> Управление процессом бланширования рыбы.....	237
<i>Ершов В.Е., Сердобинцев С.П.</i> Информационная система помощи оператору.....	243
<i>Паршилкина А.А.</i> Оптимизация процесса очистки сточных вод рыбообработывающего предприятия.....	246
<i>Румянцев А.Н.</i> Энергосбережение технологических производств пищевой промышленности ...	252
<i>Ухов А.А., Дудников С.Ю., Шаповалов С.В., Ли Р.В.</i> Автоматизированная система мониторинга параметров производственных процессов	257

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "ADVANCED TECHNOLOGIES, MACHINES AND MECHANISMS IN ENGINEERING AND CONSTRUCTION"

УДК 536.22

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ. ЦИКЛОАЛКАНЫ

Александров Игорь Станиславович, доцент, канд. техн. наук
Герасимов Анатолий Алексеевич, профессор, д-р техн. наук
Плавич Андрей Юрьевич, доцент, канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: igor.aleksandrov@klgtu.ru

Выполнен критический анализ экспериментальных данных о термодинамических свойствах технически важных циклоалканов – метилциклогексан и этилциклогексан. Выявлен дефицит данных в жидкой фазе вблизи тройной точки и в сверхкритической области, который делает затруднительным разработку эмпирических уравнений состояния для исследуемых веществ. В докладе предлагается новый подход в прогнозировании равновесных свойств упомянутых циклоалканов на базе молекулярного уравнения состояния, полученного в рамках подхода PC-SAFT.

1. Введение

Циклоалканы относятся к веществам технически важным. Помимо нефтегазового сектора, эти вещества также применяются в промышленности как сырье для процессов производства адипиновой кислоты, полиамидных волокон, пластмасс и т. д. Для хорошо экспериментально изученных нафтенов (циклопентан, циклогексан) уже разработаны фундаментальные уравнения состояния (ФУС), позволяющие производить надежный расчет всех термодинамических свойств (ТДС). Имеются также и обоснованные корреляционные уравнения для расчета коэффициентов переноса – вязкости и теплопроводности. Для других представителей данной группы веществ (метилциклогексан и этилциклогексан) расчет теплофизических свойств производят, как правило, прогнозными методами теории подобия. Однако разработка индивидуальных уравнений для технически важных веществ всегда будет актуальной потому, что в данном случае обеспечивается высокая точность расчета свойств и появляется новая информация о гомологических зависимостях и эволюции уравнения состояния, необходимая для развития и совершенствования прогнозных методов расчета.

Согласно общепринятой практике, высокоточные фундаментальные уравнения состояния выводятся на основе, лишенных какого-либо молекулярного обоснования, эмпирических полиномиальных соотношений. Поэтому, очевидным достоинством и инновационной составляющей предлагаемого здесь метода является получение таких уравнений исходя из теоретически обоснованной модели. Следует подчеркнуть, что традиционные эмпирические фундаментальные уравнения состояния для чистых веществ зачастую могут предсказывать физически неприемлемые результаты для смесей. Таким образом, предложенная здесь идея выведения фундаментальных уравнений состояния из молекулярно-обоснованной модели, несомненно, может стать прорывом в области развития высокоточных моделей, в общем, и их применимости к природным газам и нефтепродуктам, в частности.

В данном докладе анализируются результаты применения PC-SAFT (Perturbed-Chain SAFT) уравнения состояния, которое получено зарубежными авторами на базе молекулярно-обоснованного подхода. Авторами доклада предлагается новая улучшенная версия данного уравнения. Выбор такой модели обусловлен дефицитом экспериментальных данных для исследуемых веществ, который делает затруднительным разработку эмпирических уравнений состояния. В такой ситуации использование теоретически обоснованных моделей позволит, как минимум, обеспечить физически верное описание поверхности состояния в экспериментально неисследованных областях параметров состояния.

2. PC-SAFT уравнение состояния

Основы для разработки SAFT-уравнений состояния были заложены еще Вертхэймом в его работах [1-2], посвященных теории возмущений. Предлагаемое здесь молекулярное уравнение состояния описывает модельную систему Леннарда-Джонсовских сфер, коалесцирующих в цепь. Для такой системы резидуальная часть энергии Гельмгольца представлена в виде суммы

$$\alpha^{\text{res}} = \alpha^{\text{hc}} + \alpha^{\text{disp}} \quad (1)$$

Энергия Гельмгольца модельной системы цепных молекул

$$\alpha^{\text{hc}} = \bar{m}\alpha^{\text{hs}} - \sum_i x_i (m_i - 1) \ln g_{ii}^{\text{hs}}(\sigma_{ii}), \quad (2)$$

где x_i - доля компонента i в смеси; \bar{m} - число сегментов молекул в смеси, определяемое по тождеству

$$\bar{m} = \sum_i x_i m_i \quad (3)$$

Энергия Гельмгольца для жидкости твердых непроницаемых сфер

$$\alpha^{\text{hs}} = \frac{1}{\zeta_0} \left[\frac{3\zeta_1\zeta_2}{1-\zeta_3} + \frac{\zeta_2^3}{\zeta_3(1-\zeta_3)^2} + \left(\frac{\zeta_2^3}{\zeta_3^2} - \zeta_0 \right) \ln(1 - \zeta_3) \right] \quad (4)$$

Дисперсионный вклад в энергию Гельмгольца

$$\alpha^{\text{disp}} = -2\pi\rho I_1(\eta, \bar{m}) \overline{m^2 \varepsilon \sigma^3} - \pi\rho \bar{m} C_1 I_2(\eta, \bar{m}) \overline{m^2 \varepsilon^2 \sigma^3}, \quad (5)$$

где $\overline{m^2 \varepsilon \sigma^3}$ и $\overline{m^2 \varepsilon^2 \sigma^3}$ представлены как

$$\overline{m^2 \varepsilon \sigma^3} = \sum_i \sum_j x_i x_j m_i m_j \left(\frac{\varepsilon_{ij}}{kT} \right) \sigma_{ij}^3 \quad (6)$$

$$\overline{m^2 \varepsilon^2 \sigma^3} = \sum_i \sum_j x_i x_j m_i m_j \left(\frac{\varepsilon_{ij}}{kT} \right)^2 \sigma_{ij}^3 \quad (7)$$

Параметр C_1 , обозначающий сжимаемость, дается соотношением

$$C_1 = \left(1 + \bar{m} \frac{8\eta - 2\eta^2}{(1-\eta)^4} + (1 - \bar{m}) \frac{20\eta - 27\eta^2 + 12\eta^3 - 2\eta^4}{[(1-\eta)(2-\eta)]^2} \right) \quad (8)$$

Комбинационные правила

$$\varepsilon_{ij} = \sqrt{\varepsilon_i \varepsilon_j} (1 - k_{ij}) \quad \text{и} \quad \sigma_{ij} = \frac{1}{2} (\sigma_i + \sigma_j) \quad (9)$$

Интегралы возмущений

$$I_1(\eta, \bar{m}) = \sum_{i=0}^6 a_i(\bar{m}) \eta^i \quad (10)$$

$$I_2(\eta, \bar{m}) = \sum_{i=0}^6 b_i(\bar{m})\eta^i \quad (11)$$

$$a_i(\bar{m}) = a_{0i} + [(\bar{m} - 1)/\bar{m}]a_{1i} + [(\bar{m} - 1)(\bar{m} - 2)/\bar{m}^2]a_{2i} \quad (12)$$

$$b_i(\bar{m}) = b_{0i} + [(\bar{m} - 1)/\bar{m}]b_{1i} + [(\bar{m} - 1)(\bar{m} - 2)/\bar{m}^2]b_{2i} \quad (13)$$

Соотношения для радиальной функции g_{ij}^{hs} и приведенной плотности η приведены в [3].

Представленное уравнение состояния получено учеными из Дортмунда [3]. Первостепенная задача, стоящая перед оригинальной версией PC-SAFT – это надежное описание фазовых равновесий в смесях полимеров. Экспериментальную базу для разработки данного уравнения [3] составили термические свойства парафиновых углеводородов. При этом, калорические свойства использовались только для сравнения, а термодинамические свойства изомеров n-алканов, а также нафтенных и аренов не учитывались, в принципе. Логическим следствием такого подхода к разработке ФУС явилась низкая точность описания калорических свойств, в частности, скорости звука. С другой стороны, скорость звука повсеместно используется в инженерных расчетах, в том числе, и для прогнозирования плотности пластовых флюидов, а также при транспортировке энергоносителей по трубопроводным системам. Поэтому, в работе была поставлена задача получения оптимизированного набора коэффициентов матрицы универсальных констант (15) и (16) для повышения точности описания скорости звука. На основе имеющейся экспериментальной базы по исследуемым циклоалканам получен новый вариант матрицы коэффициентов PC-SAFT уравнения состояния, представленный в таблице 1. В численную процедуру разработки уравнения включались данные об изобарной теплоемкости и скорости звука углеводородов различных гомологических рядов. Число сегментов m , диаметр сегмента молекулы σ , энергетический параметр сегмента молекулы ϵ для исследуемых углеводородов были приняты по [4]. Указанные параметры, как правило, выводятся из экспериментальных данных о ТДС на линии насыщения.

Таблица 1

Оптимизированные значения матрицы универсальных констант в соотношениях (13) и (14)

i	a_{0i}	a_{1i}	a_{2i}
0	0,878965226304	-0,352315028948	-0,038509154082
1	1,301489316389	1,116042744080	-0,908984502293
2	-3,237616317736	-10,390603362686	11,290055243573
3	0,818047249853	57,220686473660	-44,801568469337
4	27,296540738573	-164,455139110850	99,442317484847
5	-62,035378804106	247,104034362258	-128,342822982875
6	34,293935376923	-153,990756291868	74,277713628389
i	b_{0i}	b_{1i}	b_{2i}
0	0,682918631694	-0,595506733560	0,043290674959
1	2,997711250567	1,194749978074	0,956044828573
2	-11,934559890836	-7,352357787440	-0,342964763225
3	17,679464751306	55,155809525459	-50,144811062271
4	-39,615925794808	-25,940566209536	128,520407969184
5	182,600915297908	99,510371939899	-10,626892240815
6	-241,432114212192	-194,118103223383	-137,264589013076

3. Анализ результатов сравнения расчетных и экспериментальных данных

Как уже было сказано выше, проблема заключается в невозможности получения высокоточных эмпирических ФУС для исследуемых веществ, так как дефицит данных в некоторых областях поверхности состояния исключает эффективное определение подгоночных констант уравнений. Для снижения негативного влияния дефицита экспериментальных данных были получены модельные (псевдоэкспериментальные) данные о ТДС метилциклогексана, который исследован значительно лучше. Для расчета применялись обобщенные методики, разработанные в рамках расширенного принципа соответственных состояний. Для плотности на левой пограничной кривой (насыщенная жидкость) при параметрах, превышающих 370 К расчетные значения получены по [8]. Для плотно-

сти в критической области применения теоретических кроссоверных уравнений состояния [6, 7] была диапазоне $|\rho/\rho_c - 1| < 0,5$. К сравнению привлекались средние значения. Для плотности газа и сверхкритического флюида расчет выполнен по обобщенному уравнению состояния Ван-дер-Ваальсового типа [5] в диапазоне 473 – 700 К. Изобарная теплоемкость в критической области оценивалась по кроссоверным уравнениям состояния [6, 7] в диапазоне $|\rho/\rho_c - 1| < 0,5$.

Таблица 2 содержит информацию о средних относительных отклонениях расчетных данных по двум версиям PC-SAFT от наиболее представительных экспериментальных данных. Результаты сравнения псевдоэкспериментальных данных с рассчитанными по двум вариантам PC-SAFT уравнений говорят о термодинамической согласованности и хороших прогнозных возможностях применяемых обобщенных методик. Точность описания термических свойств осталась, примерно, на одном уровне. Тем не менее, из сопоставления результатов расчетов по авторской и оригинальной версиям уравнения видно, что скорость звука описывается новым авторским уравнением в 1,5 раза точнее, чем по оригинальной версии [3]. Следует отметить также, что, несмотря на отсутствие слагаемого ответственного за описание сингулярной части свободной энергии, изобарная теплоёмкость в критической области описывается с приемлемой для технических расчетов точностью.

Таблица 2

Отклонения экспериментальных данных о термодинамических свойствах метилциклогексана и этилциклогексана от рассчитанных по уравнению (1)

Год	Автор, источник	Точки	Диапазон параметров		Среднее относительное отклонение (COO) по уравнению Гросса [3], %			Среднее относительное отклонение (COO) по авторскому уравнению (1), %		
			T, К	p, МПа	жид.	газ	крит.	жид.	газ	крит.
МЕТИЛЦИКЛОГЕКСАН										
Плотность										
1972	Керимов [9]	601	283-623	0,1-68,7	1,251			1,431		
1972	Керимов [9] (сверхкритический флюид)	-	-	-	1,103			1,235		
2005	Зеберг [10]	80	283-353	0,1-45	0,594			0,463		
2019	Расчет [8]	184	473-700	0,6-4,4		0,796			0,887	
2019	Расчет [6, 7]	298	573-650	3,1-8,4			3,847			3,649
Давление насыщенных паров										
1960	Татевский [11]	19	383-563			0,417			0,592	
1945	Виллингхэм [12]	20	298-375			1,371			1,781	
1999	Мартинез [13]	30	330-384			0,874			1,188	
Плотность на линии насыщения жидкой фазы										
1957	Фрэнсис [14]	25	333-563		0,288			0,921		
1976	Кристофер [15]	12	298-353		0,261			0,229		
2019	Расчет по [5]	48	150-572		0,669			1,273		
Теплоемкость при постоянном давлении C_p										
1975	Хольцер [16]	48	150-310	0,101	3,265			3,348		
2019	Расчет по [6, 7]	283	573-650	3,3-8,4			6,092			4,787
Скорость звука										
2002	Такаги [17]	147	283-343	0,1-20	15,91			9,981		
2018	Прак [18]	6	293-333	0,101	15,92			9,897		
ЭТИЛЦИКЛОГЕКСАН										
Плотность										
1983	Гусейнов [19]	84	293-523	0,1-50	1,833			2,292		
1989	Восс [20]	24	327-440	0,4-9,7	2,091			1,681		
Давление насыщенных паров										
1945	Виллингхэм [12]	20	324-405			1,108			1,144	
1995	Мокбел [21]	19	235-427			2,387			1,929	
Плотность на линии насыщения жидкой фазы										
1991	Францескони [22]	10	291-305		1,066			1,605		

2018	Прак [18]	5	293-333		1,071			1,336		
Теплоемкость при постоянном давлении C_p										
1949	Хуфман [23]	37	162-310	0,101	2,046			3,055		
1949	Паркс [24]	14	162-215	0,101	2,828			3,535		
Скорость звука										
2018	Прак [18]	5	293-333	0,101	18,05			12,56		

Важно заметить, что прогнозные возможности PC-SAFT модели не ограничиваются углеводородами нефтеносного ряда (циклоалканами), исследуемыми здесь. Предлагаемая модель применима для описания термодинамических свойств совершенно различных групп веществ, характер межмолекулярных взаимодействий в которых подчиняется силовому полю, заложенному в модель PC-SAFT. Учет в формуле (1) вклада в свободную энергию, ответственного за ассоциацию молекул дает возможность применять данное уравнение к таким флюидам, как вода, алканола, амиак и т.д.

4. Заключение

Выполнен сбор и первичный анализ опубликованных в научной литературе экспериментальных о термодинамических свойствах технически важных циклоалканов –метилциклогексана и этилциклогексана. Анализ показал, что не имеется достаточной базы экспериментальных данных для разработки эмпирических уравнений состояния. Исходя из этого, был предложен молекулярно-обоснованный подход, базирующийся на PC-SAFT уравнении состояния, которое обладает высокими прогнозными возможностями. Исходя из детального анализа методик проведения измерений, оценки погрешностей, чистоты исследуемых образцов, был сформирован термодинамически и статистически согласованный массив экспериментальных данных, пригодных для совместной обработки. На основе сформированного массива данных была оптимизирована матрица коэффициентов PC-SAFT уравнения состояния. Новый вариант PC-SAFT позволяет рассчитывать скорость звука существенно точнее, чем оригинальная версия.

К анализу и тестированию уравнения состояния привлекались псевдоэкспериментальные значения ТДС, рассчитанные методами теории подобия в неисследованных зонах термодинамической поверхности. Соотнесение этих данных с расчетами по авторскому PC-SAFT уравнению дает основание утверждать, что эти данные обладают термодинамической согласованностью и высокой точностью. Данные о плотности и изобарной теплоёмкости в критической области не включались в оптимизационный алгоритм. Однако погрешности в описании этих данных PC-SAFT уравнением соответствуют значениям погрешностей, получаемых при использовании многокоэффициентных эмпирических уравнений состояния.

Подводя итог, можно сделать обоснованное заключение о том, что усовершенствованное авторское PC-SAFT уравнение состояния обладает высокими прогнозными возможностями и позволяет рассчитывать все ТДС циклоалканов с приемлемой для технических расчетов точностью.

Работа выполнена при финансировании РФФИ, грант № 19-08-00135-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wertheim, M. S. Fluids with highly directional attractive forces: I. Statistical thermodynamics / M.S. Wertheim // J. Stat. Phys. – 1984. –Vol. 35. – P. 19.
2. Wertheim, M. S. Fluids with highly directional attractive forces: II. Thermodynamic perturbation theory and integral equations / M.S. Wertheim // J. Stat. Phys. – 1984. –Vol. 35. – P. 35.
3. Gross, J. Sadowski, G. Perturbed-Chain SAFT: An Equation of State Based on a Perturbation Theory for Chain Molecules / J. Gross, G. Sadowski // Ind. Eng. Chem. Res. – 2001. – Vol. 40. – P. 1244-1260.
4. Tihic A., Kontogeorgis G.M., von Solms N., Michelsen M.L. Applications of the simplified perturbed-chain SAFT equation of state using an extended parameter table / A. Tihic, G.M. Kontogeorgis, N. von Solms, M.L. Michelsen, // Fluid Phase Equilib. – 2006. – Vol. 248. – P. 29 - 43.
5. Lee B.I., Kesler M.G. A generalized thermodynamic correlation based on three-parameter corresponding states // AIChE Journal.- 1975.- V.21, No.3.- P.510-527.

6. Герасимов, А.А. Обобщенное кроссоверное уравнение состояния в широкой окрестности критической точки / А.А. Герасимов, Б.А. Григорьев // ТВГ.- 1993.- Т. 31, № 2.- С. 25.
7. Герасимов А.А. Новое обобщенное кроссоверное уравнение состояния в широкой окрестности критической точки / А.А. Герасимов // Известия КГТУ. – 2003. - № 3. – С. 30-37.
8. Жидкие углеводороды и нефтепродукты / Под ред. М.И. Шахпоронова, Л.П. Филиппова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 192 с.
9. Kerimov, A. M.; Apaev, T. A. A. Experimental Values of Density for Hexene-1, Octene-1, Cyclohexane, and Methylcyclohexane at Various Temperatures and Pressures. // *Теплоfiz. Svoistva Veshchestv Mater.* - 1972, P. 26-46.
10. Zeberg-Mikkelsen, C. K.; Lugo, L.; Fernandez, J. Density measurements under pressure for the binary system (ethanol plus methylcyclohexane) // *J. Chem. Thermodyn.* – 2005. –Vol. 37. –P. 1294-1304.
11. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов (рекомендуемые значения) : справочник / ред. В. М. Татевский. - М. : Гостоптехиздат, 1960. - 412 с.
12. Willingham, C.B. Vapor pressures and boiling points of some paraffin, alkylcyclopentane, alkylcyclohexane, and alkylbenzene hydrocarbons / C.B. Willingham, W.J. Taylor, J.M. Pignocco, et. al. // *J. Res. Natl. Bur. Stand.* – 1945. – V.35. – P. 219 – 244.
13. Martinez-Soria, V.; Pilar Pena, M.; Monton, J. B. Vapor–Liquid Equilibria for the Binary Systems tert-Butyl Alcohol + Toluene, + Isooctane, and + Methylcyclohexane at 101.3 kPa // *J. Chem. Eng. Data.* – 1999. –Vol. 44. P. 148-151.
14. Francis, A. W. Pressure-Temperature-Liquid Density Relations of Pure Hydrocarbons // *Ind. Eng. Chem.* – 1957. –Vol. 49. –P. 1779 -17856.
15. Christopher, P. M.; Laukhuf, W. L. S.; Plank, C. A. The densities of methylcyclohexane-n-heptane mixtures // *J. Chem. Eng. Data.* – 1976. –Vol. 21. –P. 443-445.
16. Holzhauser, J. K.; Ziegler, W. T. Temperature Dependence of Excess Thermodynamic Properties of n-Heptane-Toluene, Methylcyclohexane-Toluene, and n-Heptane-Methylcyclohexane Systems // *J. Phys. Chem.* – 1975. –Vol. 79. –P. 590-604.
17. Takagi, T.; Sakura, T.; Guedes, H. J. R. Speed of sound in liquid cyclic alkanes at temperatures between (283 and 343) K and pressures up to 20 MPa // *J. Chem. Thermodyn.* – 2002. –Vol. 34. –P. 1943-1957.
18. Prak, Dianne J. Luning; Mungan, Annabel L.; Cowart, Jim S.; Trulove, Paul C. Densities, Viscosities, Speeds of Sound, Bulk Moduli, Surface Tensions, and Flash Points of Binary Mixtures of Ethylcyclohexane or Methylcyclohexane with n-Dodecane or n-Hexadecane at 0.1 MPa // *J. Chem. Eng. Data.* – 2018. –Vol. 63.-P. 1642-1656.
19. Guseinov, S. O.; Shakhverdiev, A. N.; Naziev, Y. M. // *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Neft Gaz* – 1983. –Vol. 26. –P. 50-52.
20. Voss, S. F. Thermal conductivity and heat capacity of synthetic fuel components/ Voss, S. F.; Sloan, E. D. // *Int. J. Thermophys.* – 1989. –Vol. 10. –P. 1029-1040.
21. Mokbel, I.; Rauzy, E.; Loiseleur, H.; Berro, C.; Jose, J. Vapor pressures of 12 alkylcyclohexanes, cyclopentane, butylcyclopentane and trans-decahydronaphthalene down to 0.5 Pa. Experimental results, correlation and prediction by an equation of state // *Fluid Phase Equilib.* – 1995. –Vol. 108. –P. 103-120.,
22. Francesconi, R. Excess enthalpies of binary mixtures containing 1,3-dioxolane and cyclic compounds/ Francesconi, R.; Comelli, F. // *Thermochim. Acta.* – 1991. –Vol. 179. –P. 149-155.
23. Huffman, H. M. Low Temperature Thermal Data on Eight C₈H₁₆ Alkylcyclohexanes/ Huffman, H. M.; Todd, S. S.; Oliver, G. D. // *J. Am. Chem. Soc.* – 1949. –Vol. 71. –P. 584-592.
24. Parks, G. S. Thermal Data on Organic Compounds. XXV. Some Heat Capacity, Entropy and Free Energy Data for Nine Hydrocarbons of High Molecular Weight/ Parks, G. S.; Moore, G. E.; Renquist, M. L.; Naylor, B. F.; McClaine, L. A.; Fujii, P. S.; Hatton, J. A. // *J. Am. Chem. Soc.* – 1949. – Vol. 71. –P. 3386-3389.

PREDICTION OF THERMODYNAMIC PROPERTIES OF ORGANIC ENERGY CARRIER COMPONENTS. CYCLOALCANES

Alexandrov Igor Stanislavovich., PhD, associate professor
Gerasimov Anatoly Alekseevich., DSc, professor
Plavich Andrey Yuryevich, PhD, associate professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: igor.aleksandrov@klgtu.ru

A critical analysis of experimental data on the thermodynamic properties of technically important cycloalkanes – methylcyclohexane and ethylcyclohexane has been performed. A lack of data in the liquid region near the triple point and in the supercritical region is revealed, which makes it difficult to develop empirical equations of state for the investigated substances. The report proposes a new approach to predicting the thermodynamic properties of these substances based on the theoretically grounded PC-SAFT equation of state.

УДК 621.785.5:669

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ НИКОТРИРОВАНИЕ В ДРЕВЕСНОУГОЛЬНЫХ СМЕСЯХ

Колина Тамара Петровна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированного машиностроения

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: kolinatamara@mail.ru

В статье рассмотрена технология упрочнения мелкоразмерного инструмента и деталей крепежа с применением высокотемпературного нитрирования в условиях мелкосерийного и штучного производства.

Введение

Перспективность и универсальность технологий упрочнения быстрорежущих сталей высокотемпературным нитрированием, реальные технологии упрочнения деталей и режущего инструмента осуществлены преимущественно в специальных отраслях промышленности. В данной работе рассмотрен частный случай упрочнения конкретных изделий.

Традиционные технологии химико-термической обработки режущего инструмента из быстрорежущих сталей с целью повышения износостойкости при резании сталей, прецизионных сплавов и неметаллов предусматривают проведение низкотемпературного, газового азотирования [1], нитроцементации в атмосферах пиролиза жидких углеводородов, нитроокисидирования и карбонитрации, в том числе в расплавах солей, образующих нетоксичные цианатные среды [2-5]. В последнее время распространяются процессы нитрирования конструкционных деталей из легированных сталей для повышения износостойкости и улучшения трибологических характеристик поверхностного слоя, но они осуществляются также в газовых средах, содержащих аммиак в смеси с природными газами или эндо-, экзотермическими атмосферами, получаемыми в специальных газоприготовительных агрегатах и установках [6-7].

В настоящий период при повышении цен на газ и нефтепродукты возрождаются малоэнергетические технологии химико-термической обработки цементации и нитроцементации с использо-

ванием древесноугольных смесей и карбюризаторов с введением активизирующих азотоуглеродосодержащих компонентов [8-9]. Разрабатываемые и возобновляемые технологии являются перспективными для предприятий мелкосерийного производства и в малых ремонтных и инструментальных мастерских

При этом полученные данные исследований и производственных испытаний направлены на расширение технических возможностей процессов высокотемпературной химико-термической обработки с использованием недефицитных компонентов - древесных углей с добавками карбамида и натрийсодержащих активаторов при упрочнении конструкционных деталей и мелкосерийного инструмента.

Опыты проводились на тонких прорезных (шлицепрорезных) фрезах из стали Р6М5 по ГОСТ 2679-93, диаметр фрез от 32 до 63 мм, толщина от 0,25 до 1,5 мм, применяемых в приборостроении, производстве ЭР, (электрических реактивных двигателей) при изготовлении нестандартного крепежа со шлицевыми коническими, цилиндрическими и потайными головками из нержавеющей и коррозионных сталей. В качестве образцов для прочностных испытаний использовали сверла из стали Р6М5 диаметром 0,6-1,0 мм по ГОСТ 4010-77 и ГОСТ 10902-77 никотрированные в одних садках с фрезами. В таблице 1 приведены составы карбюризатора и режимы никотрирования с нагревом в малоэнергоёмких электропечах мощностью 1,8-3 кВт СНОЛ - 1,6.2,5.1/9И1 и ПД-10-13 с упаковкой инструмента по схеме контейнер в контейнере в реторте вакуумной печи СШОЛ-ВНЦ.

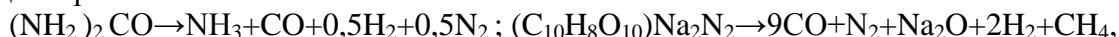
Таблица 1

Режимы высокотемпературного никотрирования

Материал, размеры инструмента	Состав компонентов в смеси	Режимы х.т.о	
		T, °C	t, ч
Фрезы шлицепрорезные типа А 32x0,6 мм из стали Р6М5, 24-32	Угли активированные и гранулированные, ГОСТ 20464-77, ГОСТ 62-17-77 – основа, карбамид по ГОСТ 6691-77 - 10-15 % трилон-Б по ГОСТ 10652-73 - 3-8%	560-580	3-4
Фрезы прорезные и отрезные 60x1,2 мм из стали Р6М5, Ø 48-64		550-560	4-6

При приготовлении смеси для никотрирования использовали колотый активированный березовый уголь, отработанный древесноугольный карбюризатор. В качестве азотоуглеродосодержащих компонентов и активаторов в него вводили карбамид (мочевину) $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, а также трилон-Б $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_{10})\text{Na}_2\text{N}_2$. Загрузка садки проводилась в печь разогретую до рабочих температур, выгрузка на воздух после окончания времени выдержки.

Азотоуглеродный потенциал газовой среды, образующейся при пиролизе активаторов карбамида и трилона-Б в присутствии избыточного углерода определяли количественным химическим анализом ленты из сплава 36НХТЮ и тонких проволок диаметром до 0,5 мм из малоуглеродистых сталей 10, 20. В интервалах температур 550-580⁰ С протекают реакции диссоциации карбамида и трилона-Б:



с последующим образованием атомарного азота из аммиака и атомарного углерода из окиси углерода и метана. Выбранный способ упаковки, размещения мелкогабаритного и тонкостенного инструмента при никотрировании, названный контейнер в контейнере, был выбран, исходя из кратковременности процесса 3-8 часов и необходимости поддержания временного, но достаточно высокого азото-углеродного потенциала атмосферы образующейся из введенных компонентов - активаторов в смесь на основе активированных древесных углей.

На рис.1 показан внешний вид одной из шлицепрорезных фрез диаметром 32 мм и толщиной 0,6 мм никотрированной по разработанной технологии, а также крепежные болты с нестандартной мелкой резьбой, применяемые в приборостроении и производстве анодных и катодных блоков ЭР Д. На рис. 2 приведена микроструктура диффузионного слоя в "косом" срезе на одной из рабочих поверхностей фрез из стали Р6М5.

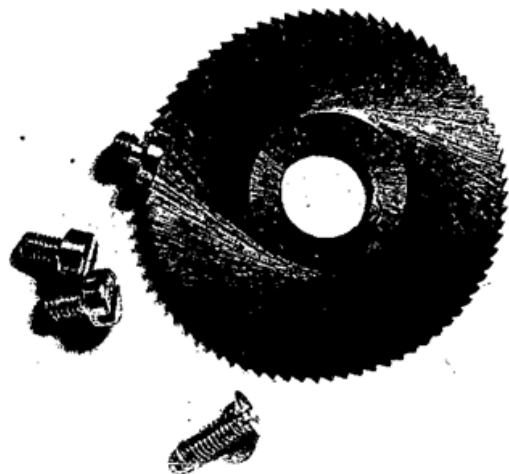


Рис.1 Внешний вид фрезы из нитрированной стали Р6М5 и крепежных болтов

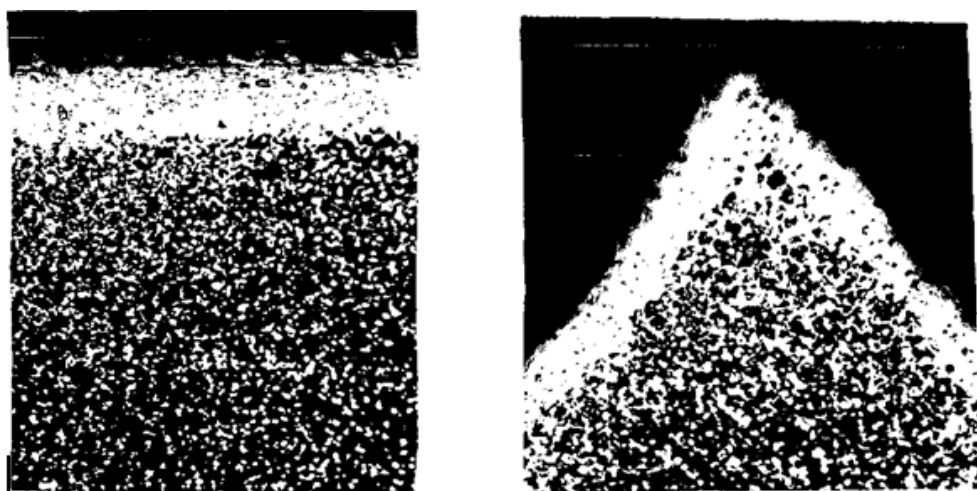


Рис.2 микроструктура карбонитридного слоя фрезы из стали Р6М5 в косом срезе (x300) после нитрирования 560°C, 4 часа

В табл. 2 приведены результаты измерений толщины, микротвердости и прочностных испытаний нитрированных фрез и сверл.

Таблица 2

Свойства диффузионных слоев нитрированной стали Р6М5.

Инструмент, режим х.т.о.	Толщина слоя, мкм ^х	Микротвердость, о XX) П-0,5Н	Содержание в % ^{xxx)}		Структурные составляющие
			С	N	
Прорезные фрезы Ø 32 мм, 8=0,6 мм 560°C, 4 часа 570°C 6 часов	30-35 45-55	1120-1140 1060-1090	1,24	0,41	Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃ , (Fe,Cr) ₃ CN, s y Fe ₃ (NC)
			1,18	0,32	
Сверла вышлифованные Ø 0,8 мм, l=35 мм 560°C, 6 часов, 580°C, 6 часов	60-65 65-75	1100-1130 1010-1070	1,43	0,45	Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ (NC), в ,y' (Fe,Cr) ₃ NC
			1,31	0,40	

х)- суммарная всех трех зон, включая переходную; хх)- подповерхностного карбонитридного слоя; xxx)- в слое 20-25 мкм.

Как показали металлографические изделия, рентгеноструктурный и химико-спектральный анализы, при никотрировании в интервале температур 550-580°C в течение 3-8 часов в древесно-угольных смесях с введением карбамида и трилона -Б позволяющим поддерживать достаточно стабильный, монотонно убывающий потенциал азота и углерода, формируются диффузионные карбонитридные слои при скорости роста до 10 мкм/ч.

Установлено, что формирование диффузионных карбонитридных слоев в исследованных интервалах температур при длительности никотрирования 3-8 часов в атмосферах диссоциации компонентов твердых смесей с постепенно убывающим азотным потенциалом, происходит с образованием на поверхности тонких 4-6 мкм слоев оксидов Fe_3O_4 , Fe_2O_3 переменного состава и слоев содержащих ϵ и γ' - фазы состава $Fe_3(N,C)$ толщиной 40-80 мкм.

Карбонитридные слои прочно связанные с основой и при микротвердости $H_{0,5H} = 1080-1170$ позволяют повысить износостойкость тонких фрез и сверл при обработке керамик, боросил, БП, текстолитов СТЕФ, минералов природного янтаря в 2-3,5 раза до уровней соизмеримых с твердосплавным инструментом групп ВК, ТК.

Повышается класс чистоты обработки, исключаются сколы и выкрашивания тонких кромок изоляторов и деталей, повышается производительность резания, увеличивается выход годного. Технология никотрирования универсальна, проста в осуществлении в условиях малых предприятий, ресурсоэнергосберегающая по энергозатратам и стоимости вспомогательных материалов, применима в приборостроении, производстве ЭРД, в электронике и различных отраслях машиностроения.

Экономическую эффективность и целесообразность проведения никотрирования в твердых смесях на основе древесных углей оценивали сравнением затрат на электроэнергию, компоненты смесей, вспомогательные материалы и трудоёмкость в сравнении с традиционными процессами газового никотрирования и азотирования. Установлено, что удельные затраты на никотрирование по разработанным технологиям для условий мелкосерийного предприятия приборного производства могут быть сокращены в 2-2,5 раза, при этом износостойкость мелких прорезных фрез повышается в 1,2-1,5 раза по сравнению с известными процессами низкотемпературной химико-термической обработки инструмента из быстрорежущих сталей. Одновременно никотрирование является экологически чистым процессом, технологично при использовании в машиностроительных, электроприборных производствах, в часовой промышленности и имеет несравненные преимущества перед процессами, проводимыми в твердых древесноугольных смесях с добавками цианистых, цианатовых компонентов.

Таким образом, новый процесс низкотемпературного никотрирования в среде с высоким азотоуглеродным потенциалом, достигаемом за счет введения в составы на основе древесных углей азотосодержащих карбамида и трилонов-Б, позволяет получать диффузионные слои повышенной износостойкости на тонколезвийном инструменте из стали Р6М5 при проведении обработки при температурах отпуска 550-560°C с выдержкой от 3 до 8 часов в зависимости от размеров и назначений инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Ю. А. Инструментальные стали, М: Металлургия, 1981. 584 с.
2. Борисенко Г. В, Васильев Л. А., Ворошин Л. Г. и др. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М: Металлургия, 1981. 423 с.
3. Тарасов А. Н., Нятин А. Г., Колина Т. П. Вакуумная химико-термическая обработка инструмента в приборостроении, электронике, машиностроении // Технология машиностроения. 2001., № 5. С. 12-20.
4. Тарасов А. Н. Повышение износостойкости режущего инструмента для обработки пластмассовых изделий // Пластические массы. 1980. № 9. С. 55-56.
5. Keller K. Beschichten von Umformwerkzeugen // Werkst und Bearb. 1989. Bd. 22 № 5 . s. 371-374.
6. Власов В. М., Зеленко В. К., Жигунов К. В., Иванькин И. С. Трибологические свойства никотрированных конструкционных сталей // Трение и износ. Труды Бел. АН. 2002. Т. 23. № 1. С. 93-99.
7. Власов В. М., Зеленко В. К., Маленко П. И. И др. Кинематические закономерности трения карбонитридных слоев никотрированной стали 30ХН2МФА в условиях ресурсного смазывания // вестник машиностроения. 2003. № 1. С. 34-36.
8. Тарасов А. Н., Анастасиади Г. П., Колина Т. П. Применение нитроцементованных высокохромистых сталей для изготовления литейной оснастки и инструмента // Инструмент и технологии. 2002. № 9-10. С. 97-103.
9. Зинченко В. М. Цементация в твердом карбюризаторе // Технология металлов 2002. 3 1. С. 2-6.

HIGH TEMPERATURE NICOTRATING IN CHARCOAL MIXTURES

Kolina Tamara Petrovna, Cand. technical sciences, associate professor of the department of automated engineering

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: kolinatamara@mail.ru

The article discusses the technology of hardening small-sized tools and fasteners using high-temperature nicotriding in the conditions of small-scale and piece production.

УДК 621.9.047/048

МАКЕТ МИКРОДУГОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ СВАРКИ

Лещинский Марк Борисович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированного машиностроения

Лещинская Галина Иосифовна, канд. техн. наук, доцент

Загацкий Владимир Рувимович, канд. техн. наук, доцент

Никулин Тимофей Русланович, заместитель декана по научной работе факультета автоматизации производства и управления

Логвенкин Олег Евгеньевич, студент 4-го курса

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru; galina.leschinsky@klgtu.ru;
vladimir.zagatskij@klgtu.ru; timofey.nikulin@klgtu.ru; logvenkin1998@yandex.ru

Микродуговая импульсная сварка в среде защитного газа гарантирует высокие потребительские свойства, поэтому разработка макета для изучения такой технологии в учебном процессе является актуальной задачей.

Оборудование должно обеспечивать возможность дозировать скорость и количество теплоты вводимые в заготовку, что в свою очередь, позволяет сваривать изделия из различных металлов и сплавов. Энергия, потребляемая оборудованием, должна быть небольшой, а техника безопасности при эксплуатации должна быть несложной. В этом и состоит практическая значимость для учебных целей такого макета.

Микродуговая импульсная сварка – это достаточно новое направление в сварке, но эта технология уже нашла применение при ремонте бытовой техники, в ювелирной и стоматологической практике, а также и в инструментальном производстве.

Оборудование микро дуговой импульсной сварки можно использовать для восстановления металлических пресс-форм, фильер, штампов и другой оснастки. Данная технология является альтернативой лазерной наплавки, но с более широкими возможностями и значительно меньшими эксплуатационными затратами.

Данная технология позволяет устранять следующие дефекты, возникающие в процессе эксплуатации и производства: сколы, царапины, усадочные раковины, трещины.

Отсутствие предварительного нагрева дефектных поверхностей и минимальное локальное тепловое воздействие на восстанавливаемый участок являются важными преимуществами использования технологии импульсной микросварки, которые позволяют избегать изменения геометрии деталей, а также сохранять механические свойства изделий после ремонта.

Импульсно-дуговая микросварка – это процесс сварки металлов вольфрамовым электродом в среде инертного газа, также называемый TIG-сварка (от англ. Tungsten Inert Gas).

В общем сварочные аппараты для TIG-сварки могут использовать энергию переменного или постоянного тока для создания дуги. А аппараты для микро дуговой импульсной сварки используют технологию разряда предварительно заряженных конденсаторов. Микро дуговые импульсные сварочные аппараты – это микро-TIG сварочные аппараты, которые позволяют хорошо контролировать все параметры сварки.

Приведем некоторые примеры использования микро дуговой импульсной сварки.



Рис. 1 Восстановление кромки детали

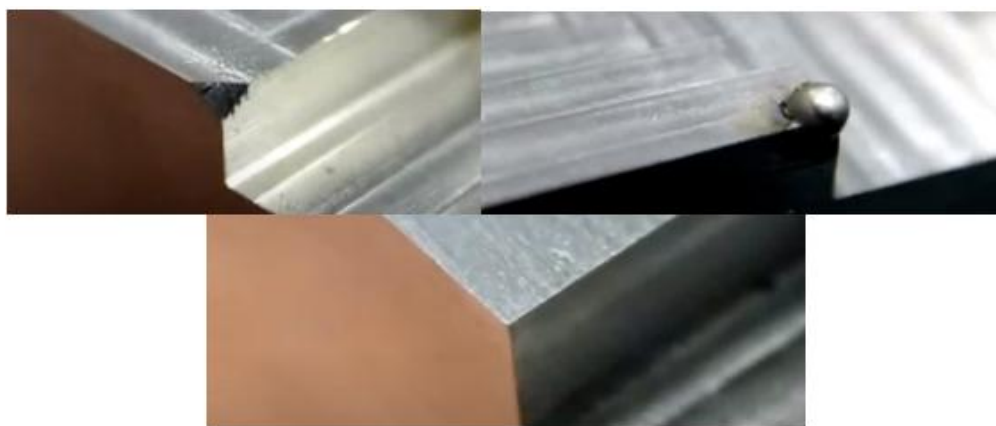


Рис.2 Восстановление угла детали.

Применена наплавка с использованием присадочной проволоки



Рис.3 Сформированные сварные швы.

Восстанавливались дефекты на плоской поверхности.

Во время процесса импульсно-дуговой сварки высоко температурная плазма быстро плавит металл в сварочной ванне. Если воздух из окружающей среды контактирует с разогретой и оплавленной поверхностью детали, кислород и азот быстро вступают в реакцию с горячим металлом. В результате образуется соединения, которые чаще всего является хрупкими. Поэтому для защиты зоны сварки используется защитный газ, например аргон. Аргон является инертным газом, удельный вес которого тяжелее воздуха, поэтому он надежно защищает свариваемые поверхности от воздействия окружающей среды.

Разработка макета микро дуговой импульсной сварки начиналась с анализа возможных схемных решений. По результатам этой работы предложена блок-схема, при этом решались задачи по минимизации состава комплектующих и соответственно простоты реализации функций оборудования, но тем не менее с возможностью демонстрации особенностей физических процессов используемой технологии.

Особенностью разрабатываемой конструкции является применение модуля исполнительного механизма в виде электрода с отскоком, что позволяет отказаться от схем с высоковольтными элементами для обеспечения работы дежурной дуги. То есть используя реле задержки времени и отскок вольфрамового электрода можно управлять началом импульса разряда конденсаторов.

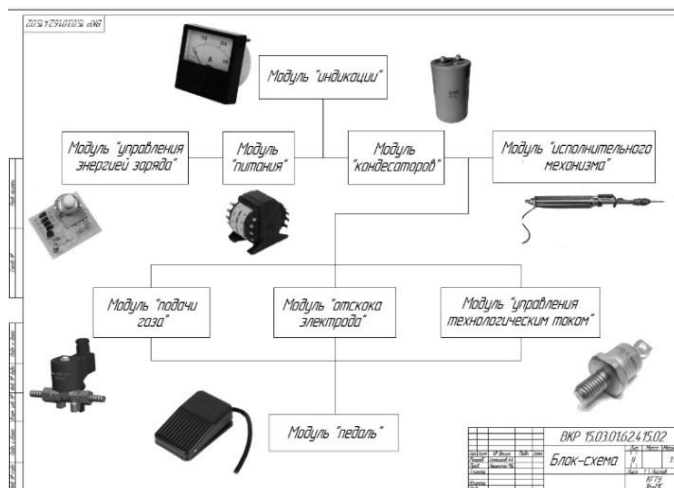


Рис.4 Блок-схема макета.

Затем была проработана электрическая схема будущего макета, которая и была собрана и на ней апробировались технологические возможности разрабатываемого оборудования.

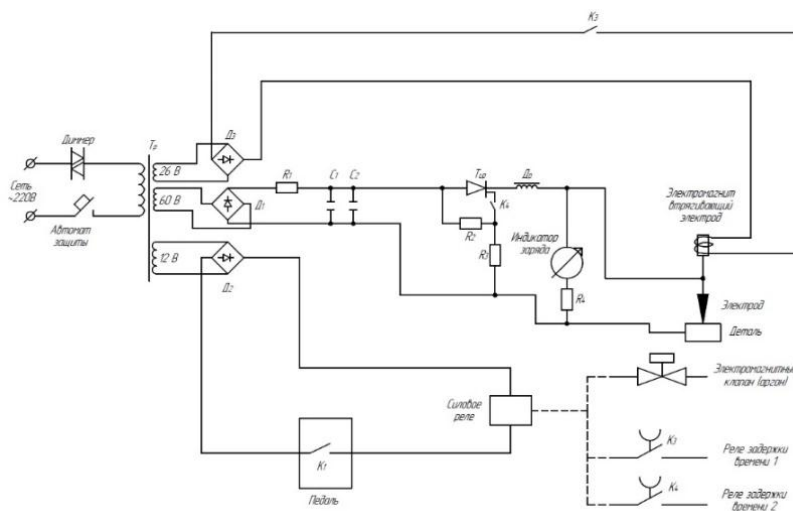


Рис.5 Электрическая схема макета.

Работа над графическим материалом выполнена в программе Autodesk Inventor, в которой выполнена вся конструкторская документация включающая 3D модели общей компоновки так и в целом всего устройства.

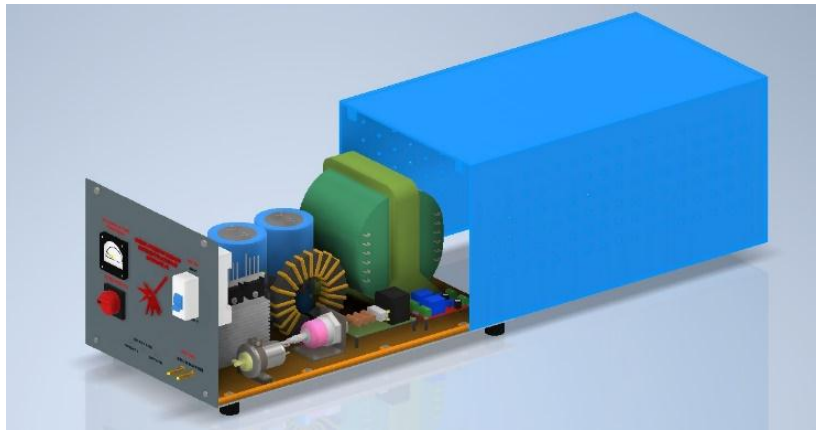


Рис.6 3D модель устройство макета импульсно-дуговой микросварки.

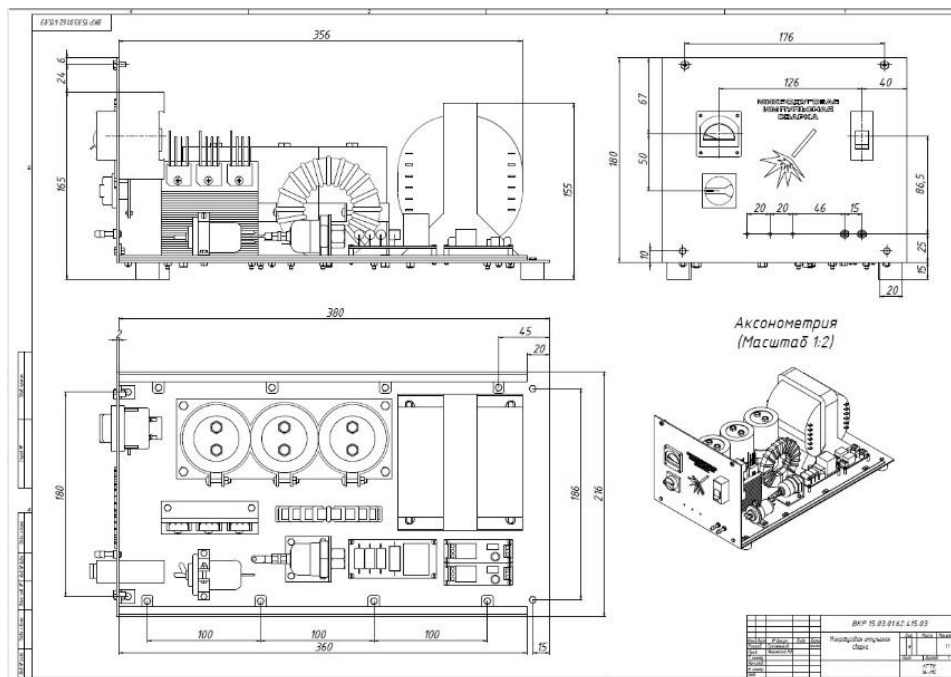


Рис.7 Чертеж внутренней компоновки макета.

При изготовлении опытного образца макета были внесены некоторые изменения, не повлиявшие на его функциональность.



Рис.8 Макет импульсно-дуговой микросварки.

Заключение

Разработанный макет микро дуговой импульсной сварки практически не требует технического обслуживания.

При нормальной работе существуют незначительные затраты на защитный газ и вольфрамовые электроды.

Подобраны все элементы схемы и проведена пробная серия экспериментов по определению работоспособности макета.

Изготовленная конструкция расширяет базу лабораторных работ кафедры АМС и может использоваться при занятиях по ТКМ для любых технических специальностей КГТУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юхин Н. А., Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах (TIG/WIG), . – Москва, 2007
2. Фоминых В. П., Яковлев А. П. Электросварка. Учебник для проф.-техн. училищ. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: «Высш. школа», 1976. – 288 с. с ил.
3. Устройство микродуговой сварки «Магистр-УМД-03». Руководство по эксплуатации. – Саратов, 2018. – 26с.

MODEL OF MICRO-ARC PULSE WELDING

Leshchinsky Mark Borisovich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Head of Department of of Automated Mechanical Engineering
Leshchinskaya Galina Iosifovna, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Zagackij Vladimir Ruvimovich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Nikulin Timofej Ruslanovich, Deputy Dean for Scientific Work of the Faculty of Automation
of Production and Management
Logvenkin Oleg Evgen'evich, student

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru; galina.leshchinskaya@klgtu.ru;
vladimir.zagatskij@klgtu.ru; timofey.nikulin@klgtu.ru; logvenkin1998@yandex.ru

Micro-arc pulse welding in a shielded gas environment guarantees high consumer properties, therefore, the development of a model for studying such a technology in the educational process is an urgent task.

The equipment should provide the ability to dose the speed and amount of heat introduced into the workpiece, which in turn allows welding products from various metals and alloys. The energy consumed by the equipment should be small, and safety during operation should not be complicated. This is the practical significance of such a layout for educational purposes.

МАКЕТ ИНДУКЦИОННОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ

Лещинский Марк Борисович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированного машиностроения

Лещинская Галина Иосифовна, канд. техн. наук, доцент

Загацкий Владимир Рувимович, канд. техн. наук, доцент

Никулин Тимофей Русланович, заместитель декана по научной работе факультета автоматизации производства и управления

Сапожников Александр Андреевич, студент 4-го курса

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru; galina.leschinsky@klgtu.ru;
vladimir.zagatskij@klgtu.ru; timofey.nikulin@klgtu.ru; tagercome@yandex.ru

Индукционные установки это сложные высокопроизводительные и энергоэффективные агрегаты. Их можно и нужно использовать не только в различных технологических промышленных процессах, но и в других сферах. Кроме того, их нужно иметь в виде малогабаритных установок для лабораторных работ при изучении особенностей их применения. В этом и состоит актуальность решаемой задачи по разработке достаточно наглядной и одновременно простой конструкции макета индукционного нагрева.

Из этой задачи и вытекает практическая значимость работы, а именно разработка макета с низким потреблением электрической энергии и безопасным для использования в учебном процессе.

Индукционные установки применяют для решения следующих задач:

1. Сверхчистая бесконтактная плавка, пайка, сварка и наплавка металла.
2. Получение опытных образцов сплавов.
3. Гибка и термообработка деталей машин.
4. Ювелирное дело.
5. Обработка мелких деталей, которые могут повредиться при газопламенном или дуговом нагреве.
6. Поверхностная закалка.
7. Закалка и термообработка деталей сложной формы.
8. Обеззараживание медицинского инструмента.

В проделанной работе анализировались, в том числе и инновационные технологические процессы по использованию индукционного нагрева, например для оплавления эмалевых покрытий.

Способ наплавки	Достоинства	Недостатки
Ручная дуговая наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - метод достаточно универсален и гибок; - оборудование и технология метода весьма просты и доступны; - разнообразие наплавляемых материалов. 	<ul style="list-style-type: none"> - низкая производительность; - тяжелые условия труда; - переменность качества наплавляемого слоя; - значительное проплавление металла изделия.
Полуавтоматическая и автоматическая дуговая наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - большая универсальность; - производительность намного выше, чем при ручном методе; - разнообразие наплавляемых материалов. 	<ul style="list-style-type: none"> - большое проплавление основного металла, особенно при наплавке проволоками.
Электрошлаковая наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - возможность применения наплавочных проволок и электродов разнообразного сечения; - весьма высокая производительность; - можно наплавлять слои большой толщины за один проход, также представляется возможным совмещать наплавку со сваркой и отливкой, на чем основана стыкошлаковая наплавка. 	<ul style="list-style-type: none"> - перегрев основного металла в зоне термического влияния из-за большого количества погонной энергии процесса; - оборудование для электрошлаковой наплавки довольно сложное и уникальное; - не представляется возможным получить наплавочный слой малой толщины, за исключением метода электрошлаковой наплавки лентами; - весьма долгие подготовительные операции.
Плазменная наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - довольно высокое качество наплавляемого металла; - надежность сцепления при относительно небольшой глубине проплавления основного металла; - можно наплавить достаточно тонкие слои; - высокая культура производства. 	<ul style="list-style-type: none"> - сравнительно маленькая производительность; - сложное и дорогое оборудование.
Индукционная наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - высокая производительность; - точное и гибкое управление; - простота оборудования и оснастки; - малая глубина проплавления основного металла; - возможность наплавки тонких слоев; - высокая эффективность в условиях серийного производства. 	<ul style="list-style-type: none"> - может возникнуть перегрев основного металла; - температура плавления наплавочных материалов должна быть ниже температуры плавления материала детали.
Лазерная наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - малое и контролируемое проплавление материала при достаточно высокой прочности сцепления; - возможность наплавки тонких слоев; - метод допускает плавкой лазер одновременно к нескольким рабочим местам, благодаря чему сокращается время переналадки оборудования. 	<ul style="list-style-type: none"> - малая производительность; - довольно низкий КПД процесса; - дорогое и сложное наплавочное оборудование.
Электронно-лучевая наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - малое проплавление основного металла; - возможность наплавки слоев малой толщины. 	<ul style="list-style-type: none"> - сложное и дорогое оборудование; - обязательно использование биологической защиты персонала.

Рис. 1 Сравнительный анализ некоторых технологий восстановления поверхностных дефектов деталей наплавкой

Эмалевые покрытия способны обеспечить различный спектр защитных свойств, что обеспечивает возможность их применения в различных отраслях промышленности.

К достоинствам эмалевых покрытий следует отнести высокое качество и надежность, широкие области применения и высокую производительность. Коэффициент использования материала покрытия находится на уровне 0,8–0,95. Расход эмали обычно составляет 0,2–0,5 кг/м². Затраты энергии сравнительно невелики.

При проектировании макета индукционной установки были рассмотрены несколько блок-схем, которые бы обеспечивали ранее сформулированные требования. При этом основным элементом схемы является модуль ВЧ генератора с сопутствующими элементами обвязки. Благодаря такому решению вся конструкция становится достаточно компактной и с низким потреблением электрической энергии.

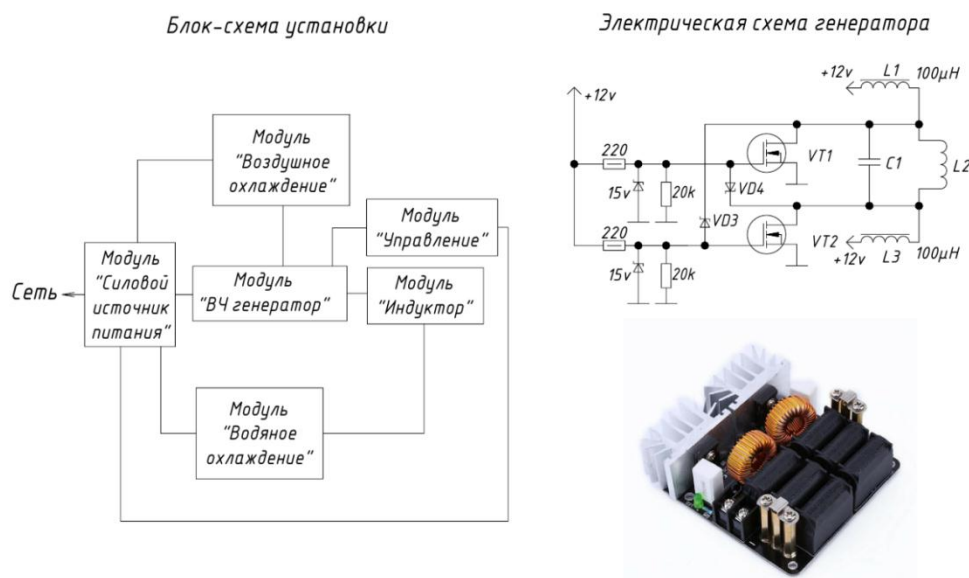


Рис.2 Блок-схема макета и схема модуля ВЧ генератора.

3D моделирование выполнено в программе Autodesk Inventor, при этом проработаны две конструкции макета с горизонтально расположенным индуктором и с вертикальным его расположением. Первая конструкция имеет меньшую мощность ВЧ генератора и ориентирована на термическую обработку деталей, а вторая позволяет проводить плавку цветных металлов, например в графитовом тигле.



Рис.3 3D модель прототипа

Подготовлен сборочный чертеж макета индукционного нагревателя и чертежи его основных деталей. Разработана компоновка основных элементов макета, предложена технология изготовления нестандартных деталей и узлов, а также технология монтажа их.

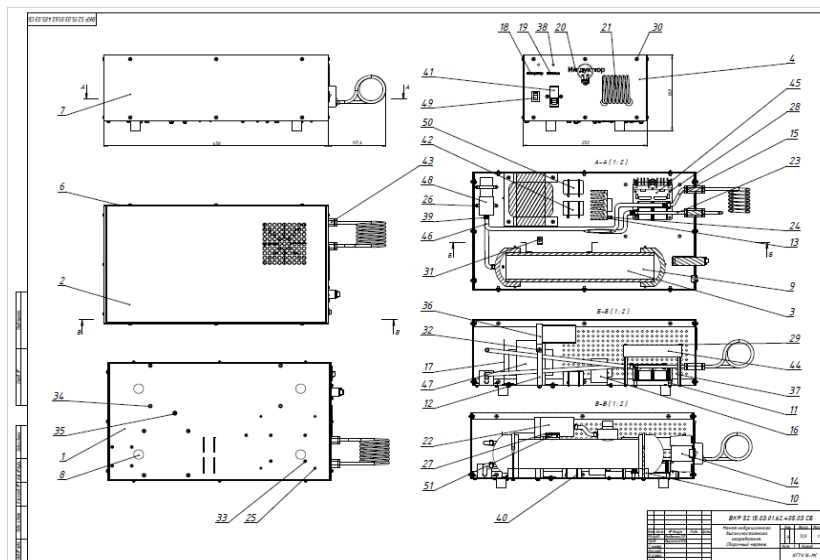


Рис.4 Сборочный чертеж макета индукционного высокочастотного нагревателя

Макет индукционного нагревателя с вертикально расположенным индуктором демонстрировался на выставке «Энергоресурсы. Промоборудование 2020» вызвал к себе повышенный интерес со стороны ювелиров, работающих с серебро содержащими материалами.

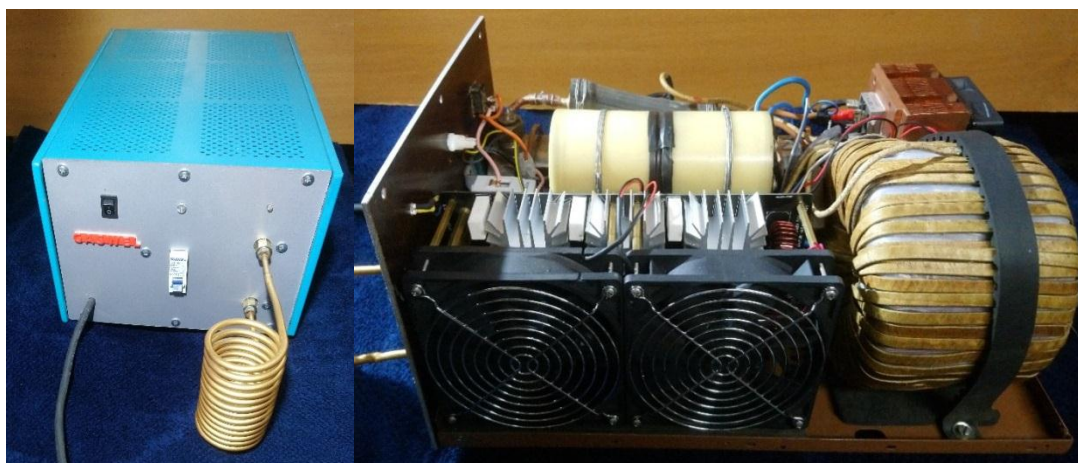


Рис.5 Макет индукционной установки, адаптированной под переплавку лома цветных металлов.

Заключение

Спроектированный макет потребляет низкое количество энергии, безопасен при лабораторных работах. На нем можно демонстрировать термообработку и, в том числе, нагрев эмалевых покрытий. Такой лабораторный макет практически не требует расходных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шехтер С.Я., Резницкий А.М. Наплавка металлов. – М.: Машиностроение, 1982. – 71 с.
2. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М., Казинцев Н. В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов. – М.: Машиностроение, 1970. – 183с.

MODEL OF AN INDUCTION HIGH-FREQUENCY HEATER

Leshchinsky Mark Borisovich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Head of Department of of Automated Mechanical Engineering
Leshchinskaya Galina Iosifovna, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Zagackij Vladimir Ruvimovich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Nikulin Timofej Ruslanovich, Deputy Dean for Scientific Work of the Faculty of Automation
of Production and Management
Sapozhnikov Aleksandr Andreevich, student.

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru; galina.leshchinskaya@klgtu.ru;
vladimir.zagatskij@klgtu.ru; timofey.nikulin@klgtu.ru; tagercome@yandex.ru

Induction installations are sophisticated, high-performance and energy-efficient units. They can and should be used not only in various technological industrial processes, but also in other areas. In addition, they need to be in the form of small-sized installations for laboratory work to study the features of their application. This is the relevance of the problem being solved, on the development of a sufficiently visual and at the same time simple design of the induction heating layout.

The practical significance of the work follows from this task, namely the development of a layout with low consumption of electrical energy and safe for use in the educational process.

УДК 519.25: 69.002.5

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ОДНОВИНТОВЫХ НАСОСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Наумов Владимир Аркадьевич, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: van-old@mail.ru

Результаты испытаний одновинтовых насосов компании CSF Inox размещены в открытом доступе. Приведены значения подачи и затраченной мощности в зависимости от размера, частоты вращения вала и дифференциального давления. Эти данные позволили рассчитать коэффициенты полезного действия. Рост подачи и затраченной мощности насосов близок прямо пропорциональной зависимости от куба определяющего размера. КПД увеличивается с возрастанием габаритов в значительно меньшей степени. Из всех исследованных случайных функций только зависимость подачи от давления является убывающей, все остальные – возрастающие.

Введение

В настоящее время винтовые насосы (ВН) широко используются в строительстве и при производстве строительных материалов для перекачивания цементно-песочных смесей, грунтовок, клеев и клеевых красок. ВН имеют небольшие габаритные размеры и высокую производительность. При выполнении строительных работ позволяют подавать смеси в пустоты, для наливных полов, нанесения штукатурных растворов и др. Так одновинтовые насосы (растворонасосы) производства предприятия «СтройМеханика» предназначены для напорной подачи жидких и пастообразных материалов, чувствительных к механическому воздействию. Вид агрегата представлен на рис. 1, технические параметры – в табл. 1.



Рис. 1. Общий вид винтового насоса СО 75.500 СОСНА [1]

ВН компании Euromix предназначены для транспортировки под напором смесей, строительных растворов, легких бетонов (пенобетон, полистиролбетон). Устройство агрегатов рис. 2), мало отличается от представленного на рис. 1.

Названные компании не размещают в открытом доступе сведения о нагрузочных характеристиках выпускаемых агрегатов, ничего не говорят о коэффициенте полезного действия. Ограничиваются техническими (фактически – максимальными) параметрами. Отсутствие такой информации затрудняет выбор насосов, удовлетворяющих конкретным условиям [2, 3].

Таблица 1

Технические параметры винтовых насосов СОСНА [1]

Параметр	СОСНА 71-100	СОСНА 74-200	СОСНА 75-500	СОСНА 78-1000
Производительность (при подвижности раствора не менее 10 см), Q , м ³ /час	1,2	4	4,6	7
Максимальное развиваемое давление, Δp , ат	18	18	18	25
Объем бункера, V , л	100	200	500	1000
Практическая дальность подачи, м				
- по вертикали	38	38	38	50
Диаметр рукава напорного трубопровода, мм	38	50	50	50
Потребляемая мощность двигателя, кВт	3	5,5	5,5	11
Допустимый размер включений, мм	6	10	10	10



Рис. 2. Общий вид винтового насоса EUROMIX 400.4 [1]

Исходные данные

Исходными данными послужили результаты испытаний ВН итальянской компании CSF Inox [4], схема устройства которых показана на рис. 3. Определяющим размером считается диаметр

выходного фланца D . Кроме D , в табл. 2 представлены значения в испытаниях частоты вращения вала n , дифференциального давления Δp , подачи ВН (расход смеси) Q , затраченной мощности ВН N . Коэффициент полезного действия (КПД) рассчитан в данной статье по известной формуле (с переводом единиц измерения в СИ): $\eta = 100 \cdot \Delta p \cdot Q / N$.

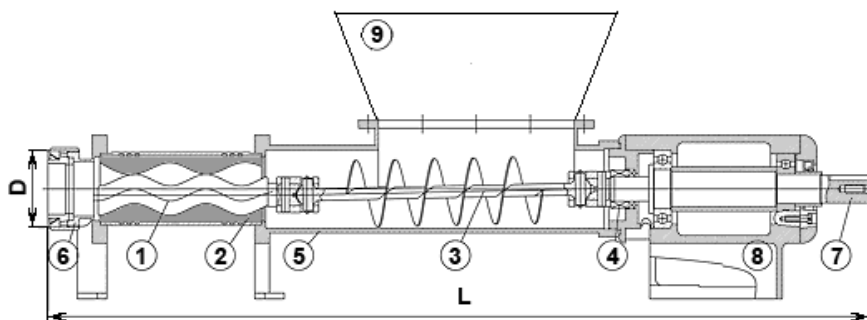


Рис. 3. Схема устройства ВН CFS: 1 – винт; 2 – обойма; 3 – шнек; 4 – торцовое уплотнение; 5 – корпус насоса; 6 – выходной фланец; 7 – приводной вал; 8 – корпус подшипников, 9 – бункер

Таблица 2

Результаты испытаний одновинтовых насосов CSF

№ пп	D	n	Δp	Q	N	η
	мм	об/мин	ат	дм ³ /с	кВт	%
1	65	200	1	0,69	0,81	8,6
2	65	300	1	1,06	0,81	13,0
3	65	400	1	1,39	1,03	13,5
4	65	500	1	1,50	1,10	13,6
5	65	600	1	2,11	1,25	16,9
6	65	700	1	2,42	1,47	16,4
7	65	800	1	2,69	1,69	15,9
8	65	900	1	3,14	1,91	16,4
9	65	200	3	0,64	0,88	21,7
10	65	300	3	0,72	0,88	24,5
11	65	400	3	1,25	1,18	31,9
12	65	500	3	1,64	1,40	35,2
13	65	600	3	2,03	1,62	37,6
14	65	700	3	2,33	1,76	39,7
15	65	800	3	2,16	1,84	42,6
16	65	900	3	3,01	2,35	38,2
17	65	200	6	0,47	1,10	25,7
18	65	300	6	0,79	1,25	37,3
19	65	400	6	1,11	1,54	43,2
20	65	500	6	1,39	1,91	43,6
21	65	600	6	1,81	2,06	52,6
22	65	700	6	2,08	2,35	53,1
23	65	800	6	2,36	2,50	56,7
24	65	900	6	2,67	2,37	49,4
25	80	200	1	1,31	1,62	8,1
26	80	300	1	2,08	1,84	11,3
27	80	400	1	2,81	2,13	13,2

28	80	500	1	3,53	2,35	15,0
29	80	600	1	4,31	2,57	16,7
30	80	700	1	5,01	2,72	18,4
31	80	200	3	1,22	1,84	19,9
32	80	300	3	1,94	2,13	27,3
33	80	400	3	2,67	2,48	33,0
34	80	500	3	3,89	2,79	36,4
35	80	600	3	4,11	3,31	37,3
36	80	700	3	4,83	3,82	37,9
37	80	200	6	1,06	2,13	29,7
38	80	300	6	1,78	2,57	41,4
39	80	400	6	2,47	3,16	46,9
40	80	500	6	3,03	3,68	49,4
41	80	600	6	3,72	4,56	49,0
42	80	700	6	4,42	5,52	48,0
43	100	200	1	2,64	2,35	11,2
44	100	300	1	4,03	2,50	16,1
45	100	400	1	5,42	2,79	19,4
46	100	500	1	6,94	3,24	21,4
47	100	200	3	2,17	2,72	23,9
48	100	300	3	3,56	3,02	35,4
49	100	400	3	4,92	3,68	40,1
50	100	500	3	6,25	4,56	41,1
51	100	200	6	1,67	3,09	32,4
52	100	300	6	2,92	4,27	41,0
63	100	400	6	4,17	5,52	45,3
54	100	500	6	5,42	6,77	48,0
55	125	200	1	5,14	3,31	15,5
56	125	300	1	8,33	4,41	18,9
57	125	400	1	11,53	5,52	20,9
58	125	500	1	14,72	6,62	22,2
59	125	200	3	3,89	4,05	28,8
60	125	300	3	7,08	5,88	36,1
61	125	400	3	10,28	7,72	39,9
62	125	500	3	13,47	9,56	42,3
63	125	200	6	2,50	4,78	31,4
64	125	300	6	5,56	8,31	40,1
65	125	400	6	8,61	11,84	43,6
66	125	500	6	11,67	15,37	45,6
67	130	200	2	8,06	4,49	35,9
68	130	300	2	12,22	5,88	41,6
69	130	400	2	16,39	7,36	44,5
70	130	500	2	20,56	8,83	46,6
71	130	200	4	7,44	5,88	50,6
72	130	300	4	11,67	8,75	53,3
73	130	400	4	15,83	11,03	57,4
74	130	500	4	20,14	13,97	57,7

75	130	200	6	6,39	7,36	52,1
76	130	300	6	10,67	11,03	58,0
77	130	400	6	15,01	14,71	61,2
78	130	500	6	19,17	18,39	62,5
79	150	200	2	12,22	5,88	41,6
80	150	300	2	18,61	8,83	42,2
81	150	400	2	25,02	11,77	42,5
82	150	500	2	31,39	14,71	42,7
83	150	200	4	8,89	8,83	40,3
84	150	300	4	15,56	12,5	49,8
85	150	400	4	21,67	16,92	51,2
86	150	500	4	28,06	21,33	52,6
87	150	200	6	4,44	10,66	25,0
88	150	300	6	11,11	16,18	41,2
89	150	400	6	17,22	22,07	46,8
90	150	500	6	23,61	27,21	52,1

Результаты статистической обработки

При статистической обработке результатов испытаний (табл. 2) полагаем Q , N , η случайными функциями аргументов D , n , Δp . Используем формулы теории случайных функций [5, 6] с учетом замечаний [7]. Сначала были рассчитаны коэффициенты парной корреляции Пирсона. Результаты расчета, представленные в табл. 3, позволяют сказать, что на наибольшее влияние на Q и N оказывает D , а на η – Δp .

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции Пирсона

Случайная функция, Y	Аргументы		
	$X_1 (D)$	$X_2 (n)$	$X_3 (\Delta p)$
Q	0,803	-0,016	0,012
N	0,794	-0,062	0,349
η	0,397	0,166	0,718

Для оценки совместного влияния трех факторов на изучаемый признак используем коэффициент множественной корреляции:

$$r_{y(x_1, x_2, x_3)} = \sqrt{1 - \Delta Y / \Delta a}, \quad (1)$$

где Δa – определитель матрицы парной корреляции аргументов, в данном случае $\Delta a = 0,82$; ΔY – определитель полной матрицы парной корреляции (аргументов и изучаемой функции).

Рассчитанные значения коэффициентов множественной корреляции говорят о тесной стохастической связи:

$$r_{Q(D, n, p)} = 0,878; \quad r_{N(D, n, p)} = 0,883; \quad r_{\eta(D, n, p)} = 0,860.$$

Частные коэффициенты корреляции между функцией и одним из аргументов при фиксированных значениях остальных аргументов рассчитаны по формулам (табл. 4):

$$r_{y,x_1(x_2,x_3)} = \frac{r_{y,x_1} - r_{y,x_2} \cdot r_{x_1,x_2} - r_{y,x_3} \cdot r_{x_1,x_3}}{\sqrt{(1-r_{y,x_2}^2) \cdot (1-r_{x_1,x_2}^2) \cdot (1-r_{y,x_3}^2) \cdot (1-r_{x_1,x_3}^2)}}, \quad (2)$$

$$r_{y,x_2(x_1,x_3)} = \frac{r_{y,x_2} - r_{y,x_1} \cdot r_{x_2,x_1} - r_{y,x_3} \cdot r_{x_2,x_3}}{\sqrt{(1-r_{y,x_1}^2) \cdot (1-r_{x_2,x_1}^2) \cdot (1-r_{y,x_3}^2) \cdot (1-r_{x_2,x_3}^2)}}, \quad (3)$$

$$r_{y,x_3(x_1,x_2)} = \frac{r_{y,x_3} - r_{y,x_1} \cdot r_{x_3,x_1} - r_{y,x_2} \cdot r_{x_3,x_2}}{\sqrt{(1-r_{y,x_3}^2) \cdot (1-r_{x_3,x_1}^2) \cdot (1-r_{y,x_2}^2) \cdot (1-r_{x_3,x_2}^2)}}. \quad (4)$$

Таблица 4

Частные коэффициенты корреляции

Случайная функция, Y	Аргументы		
	$X_1(D)$	$X_2(n)$	$X_3(\Delta p)$
Q	0,878	0,578	-0,137
N	0,860	0,532	0,424
η	0,615	0,610	0,755

В табл. 4 получились значения, модули которых больше, чем в табл. 3. Следовательно, дополнительные факторы искажают взаимосвязь между случайной функцией и основным аргументом в сторону ее уменьшения. Причем тем сильнее, чем больше различие между коэффициентами.

Для расчета подачи и затраченной мощности ВН используют формулу [8]:

$$Q = Q_T \cdot (1 - C_Q \cdot p^\alpha), \quad N = N_0 \cdot (1 + C_N \cdot p^\beta), \quad p = \Delta p / p_A, \quad (5)$$

где p_A – атмосферное давление; Q_T – теоретическая подача ВН; N_0 – затраченная мощность ВН при отсутствии противодействия ($\Delta p = 0$); α, β, C_Q, C_N – эмпирические параметры, определяемые для заданной конструкции ВН.

Чтобы оценить влияния факторов и рассчитать эмпирические параметры, воспользуемся методикой [9]. Для аппроксимации будем искать функции в форме:

$$Q = A_Q \cdot D^{\alpha_1} \cdot n^{\alpha_2} \cdot p^{\alpha_3}; \quad N = A_N \cdot D^{\beta_1} \cdot n^{\beta_2} \cdot p^{\beta_3}; \quad \eta = A_\eta \cdot D^{\gamma_1} \cdot n^{\gamma_2} \cdot p^{\gamma_3}. \quad (6)$$

В таблице 5 представлены значения показателей степени, найденные методом наименьших квадратов.

Таблица 5

Эмпирические показатели степени в формуле (6)

Случайная функция, Y	Аргументы			Индекс детерминации
	$X_1(D)$	$X_2(n)$	$X_3(\Delta p)$	
Q	3,440	1,167	-0,132	0,955
N	2,789	0,724	0,316	0,945
η	0,651	0,442	0,552	0,876

По таблице 5 отрицательный показатель степени получен лишь в зависимости $Q(\Delta p)$; с увеличением Δp подача в (6) уменьшается, как и в формуле (5). Рост подачи и затраченной мощности ВН близок прямо пропорциональной зависимости от куба определяющего размера, т.е. от рабочего объема ВН. КПД также возрастает вместе с D , но в значительно меньшей степени. В наибольшей степени КПД возрастает с ростом дифференциального давления. Но это лишь общая тенден-

ция поведения случайной функции. Наименьшее значения КПД 8,1% зафиксировано не при $D = 65$ мм, а при $D = 80$ мм ($n = 200$ об/мин, $\Delta p = 1$ ат). Наибольшее значения КПД 62,5% зафиксировано не при $D = 150$ мм, а при $D = 130$ мм ($n = 500$ об/мин, $\Delta p = 6$ ат).

Заключение

Результаты испытаний одновинтовых насосов компании CSF Inox размещены в открытом доступе. Приведены значения подачи и затраченной мощности в зависимости от определяющего размера, частоты вращения вала и дифференциального давления. Эти данные позволили рассчитать коэффициенты полезного действия. Минимальное значения КПД равно 8,1%, максимальное – 62,5%. Рост подачи и затраченной мощности насосов близок прямо пропорциональной зависимости от куба определяющего размера. КПД увеличивается с возрастанием габаритов в значительно меньшей степени. Из всех исследованных случайных функций только зависимость подачи от давления является убывающей, все остальные – возрастающие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительное оборудование. Растворонасосы винтовые [Электронный ресурс]. – URL: <https://kpsk.ru/oborudovaniye/stroitelnoe/podacha/rastvoronasosy-vintovye.html> (дата обращения: 25.06.2020).
2. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Примак Л.В. Основные этапы выбора стационарного бетононасоса // Механизация строительства. – 2016. – № 9. – С. 44-49.
3. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Примак Л.В. Определение рабочей точки бетононасоса // Механизация строительства. – 2015. – № 9. – С. 42-44.
4. Каталог одновинтовых насосов компании Inox CSF [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.csf.it/en/products/eccentric-screw/> (дата обращения: 25.06.2020).
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2000. – 283 с.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М. Физматлит, 2006. – 816 с.
7. Бояринова Н.А., Кикот А.В., Наумов В.А. Особенности статистической обработки результатов экспериментальных исследований случайной функции, полученных разными авторами // Известия КГТУ. – 2015. – № 37. – С. 199-206.
8. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Одновинтовые гидравлические машины: монография в 2-х т. Т. 1. – М.: ИРЦ Газпром, 2005. – 488 с.
9. Наумов В.А. Прикладная математика: учебное пособие по решению профессиональных задач в среде Mathcad. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 144 с.

PROCESSING OF TEST RESULTS OF SINGLE-SCREW PUMPS USED IN CONSTRUCTION

Naumov Vladimir Arkad'evich, Dr of Technical Science, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: van-old@mail.ru

CSF Inox company placed the test results of the single-screw pump in the public domain. The values of the feed and power consumed depending on the pump size, shaft speed, and differential pressure are given. These data allowed us to calculate the efficiency coefficients. The growth of the supply and the spent power of pumps are close to a directly proportional dependence on the cube of the determining size. Efficiency increases with increasing dimensions to a much lesser extent. Only the dependence of the feed on the pressure is decreasing. All other dependencies are increasing among the studied random functions.

ВИД ШАТУННОЙ КРИВОЙ КРИВОШИПНО-КОРОМЫСЛОВОГО МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛОГРАММНОГО ТИПА

Серета Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин

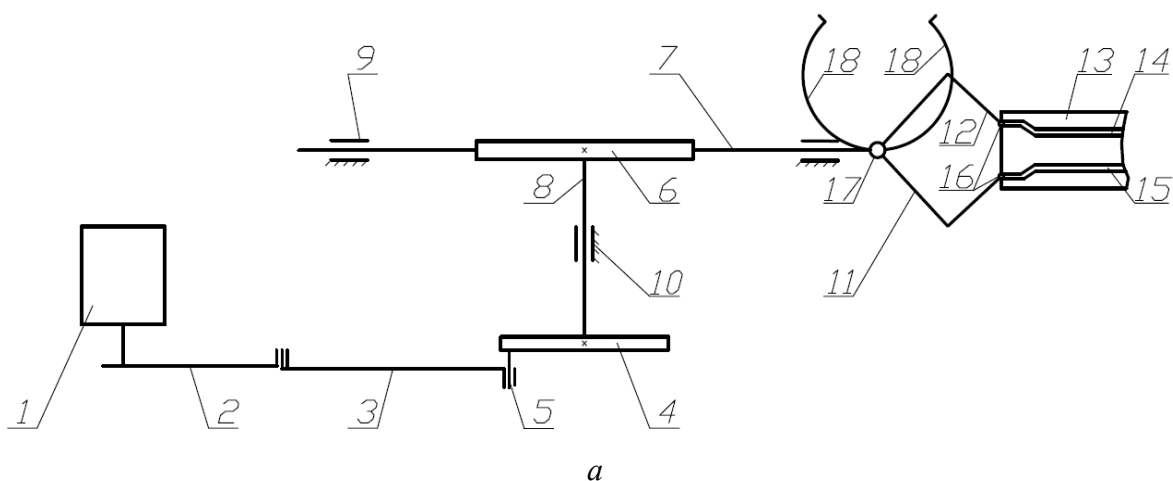
Агафонова Полина Леонидовна, студентка гр. 18-ЭЭ кафедры электрооборудования судов и электроэнергетики

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru; agafonowa.poly@yandex.ru

Статья посвящена исследованию передаточного механизма, построенного на базе кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа. Предмет исследования – поиск вида траектории точки на шатуне. Получены зависимости для определения длины отрезка и угла его наклона к горизонтальной оси. Названные зависимости применяются при построении траектории точки на шатуне. Установлено, что траекторией точки на шатуне является окружность с центром в середине межцентрового расстояния. Это действительно для кривошипно-коромысловых механизмов параллелограммного типа.

В предлагаемой статье объектом исследования является передаточный механизм устройства для передачи изделий по патенту [1], предмет исследования – поиск вида шатунной кривой для кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа, входящего в состав названного передаточного механизма.

Передаточный механизм устройства для передачи изделий представляет собой сочетание базового кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа и механизма с высшей кинематической парой. Базовый механизм включает кривошип **2**, шатун **3** и диск **4** с пальцем **5**. Упомянутый кривошип закреплен на валу привода. Отстояние от шарнирно-неподвижной опоры, связанной с центром диска **4**, до оси пальца **5** формирует длину коромысла (см. рис. 1, б). Диск **4** базового механизма кинематически связан с шестерней **6**, образующей высшую пару с зубчатой рейкой **7**. Зубчатая рейка **7** смонтирована в неподвижных направляющих **9**. Кинематическая связь диска **4** и упомянутого колеса **6** содержит ось **8**, размещенную в неподвижной направляющей **10**. Названная рейка несет рабочий орган, представляющий собой захват для изделия. Рабочий орган является исполнительным механизмом исследуемого устройства.



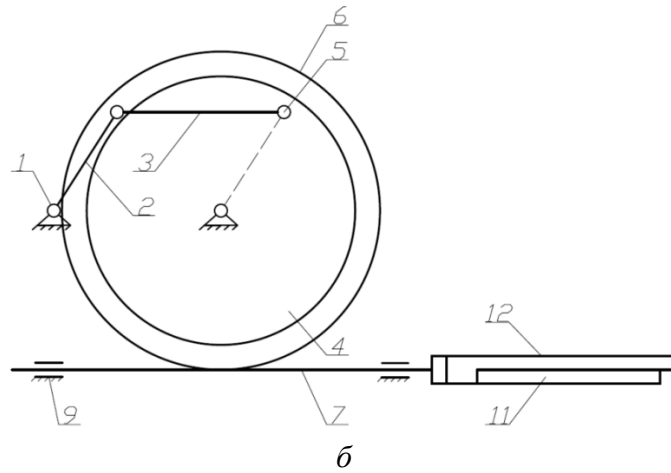


Рис. 1 – Кинематическая схема устройства для передачи изделий: а – вид сверху, б – вид сбоку

Отметим, что наличие высшей кинематической пары в виде шестерни и зубчатой рейки обеспечивает возвратно-поступательное движение рабочего органа. Упомянутое движение рабочего органа генерируется возвратно-поворотным (качательным) движением пальца 5, расположенным на диске 4.

Траектории точек *A* и *B* (см. рис. 2) являются очевидными, а именно: траекторией точек *A* и *B* является окружность. Известно, что траектория любой точки, принадлежащей шатуну, не является очевидной. Как правило, точка, принадлежащая шатуну, движется по шатунной кривой. Вид шатунной кривой можно определить графическим методом – построением планов положений кривошипно-коромыслового механизма или с использованием компьютерных программ [2 – 4]. Действительно, выбрав в качестве характерной точки на шатуне его середину и построив ряд последовательных положений механизма, можно получить вид шатунной кривой (рис. 2). Эта кривая выделена на рис. 2 черной дугой и, как видно, в рассматриваемом случае представляет собой окружность.

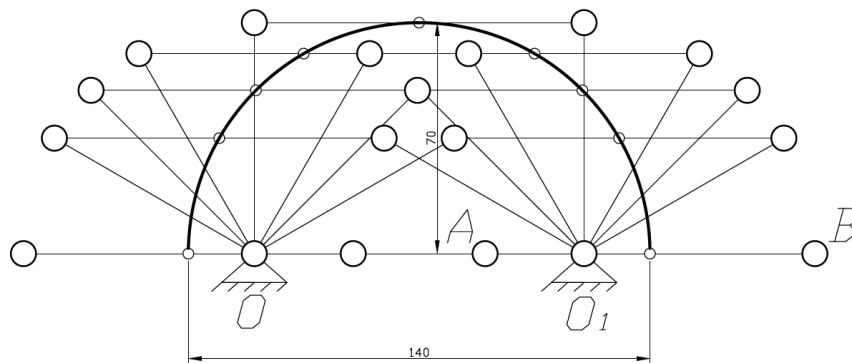


Рис. 2 – Очевидные траектории точек *A* и *B* кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа

Исходными параметрами при определении траектории средней точки на шатуне являются:
 – относительные длины кривошипа, шатуна и коромысла,
 – длина межцентрового расстояния.

Для определения траектории средней точки на шатуне предложим графоаналитический метод (см. рис. 3), включающий аналитический расчет и графические построения. Определим относительную длину отрезка, соединяющего точки O_1 и m_1

$$\lambda_4 = \frac{o_1 m_1}{o o_1} = \sqrt{0,25 \cdot \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \cos(\mu_i)}, \quad (1)$$

где λ_2 и λ_3 – относительные длины шатуна и коромысла соответственно; μ_i – угол передачи кривошипно-коромыслового механизма.

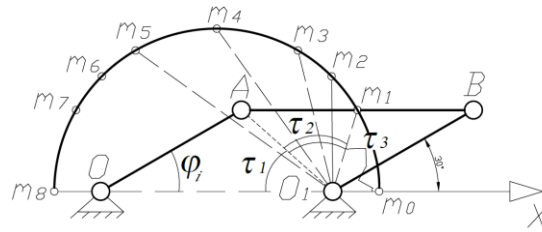


Рис. 3 – Схема, иллюстрирующая графоаналитический метод построения траектории средней точки на шатуне

Угол передачи $\angle \mu_i = \angle ABO_1$ устанавливают по известной формуле, пригодной для кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа семейства ККМ-1 [5]

$$\mu_i = \arccos\left(\frac{\cos(\varphi_i)}{\lambda_2}\right). \quad (2)$$

Отметим, что угол передачи μ_i является параметром кривошипно-коромыслового механизма, который изменяет свои значения в зависимости от значения угла поворота кривошипа φ_i .

Установим угол $\angle \tau_3$ наклона отрезка, соединяющего точки O_1 и m_1 , к горизонтальной оси Ox (см. рис. 3)

$$\angle \tau_3 = 180^\circ - (\angle \tau_1 + \angle \tau_2), \quad (3)$$

где углы $\angle \tau_1$ и $\angle \tau_2$ представляют собой вспомогательные углы ($\angle \tau_1 = \angle AO_1O$ и $\angle \tau_2 = \angle AO_1m_1$)

Вспомогательный угол $\angle \tau_1$ определяют по формуле

$$\angle \tau_1 = \arccos\left(\frac{1 + \lambda_5^2 - \lambda_1^2}{2 \cdot \lambda_5}\right), \quad (4)$$

где λ_1 – относительная длина кривошипа; λ_5 – относительная длина отрезка O_1A , то есть $\lambda_5 = \frac{O_1A}{OO_1}$.

Длина λ_5 составит: $\lambda_5 = \sqrt{\lambda_1^2 + 1 - 2 \cdot \lambda_1 \cdot \cos(\varphi_i)}$, где параметр φ_i – угол поворота кривошипа.

Вспомогательный угол $\angle \tau_2$ устанавливают по формуле

$$\angle \tau_2 = \arccos\left(\frac{\lambda_5^2 + \lambda_4^2 - 0,25 \cdot \lambda_2^2}{2 \cdot \lambda_5 \cdot \lambda_4}\right). \quad (5)$$

Используя формулы (1) – (5), можно выполнить построение траектории средней точки m_i на шатуне, при этом изменяемыми параметрами в упомянутых формулах будут угол передачи μ_i и угол поворота кривошипа φ_i .

Процедура построения траектории средней точки m_i на шатуне включает подготовительные этапы, связанные с выполнением аналитического расчета:

1) для заданного значения угла поворота кривошипа φ_i устанавливают значение относительной длины λ_4 отрезка O_1m_1 по формуле (1). Зная длину межцентрового расстояния OO_1 , определяют действительное значение отрезка O_1m_1 ;

2) для того же значения угла поворота кривошипа φ_i находят значение относительной длины λ_5 отрезка O_1A ;

3) зная значение параметра λ_5 , устанавливают числовые значения углов $\angle \tau_1$, $\angle \tau_2$ и $\angle \tau_3$, обозначенных на рис. 3;

4) выполнив необходимые аналитические расчеты для каждого значения угла поворота кривошипа φ_i , переходят непосредственно к построению траектории средней точки m_i на шатуне.

Этапы построения траектории средней точки m_i на шатуне:

1) в области построения ставят точку O , от этой точки откладывают горизонтальный отрезок OO_1 вправо. Длина этого отрезка равна заданному значению длины межцентрового расстояния;

2) для заданного значения угла поворота кривошипа φ_i от точки O_1 под углом $\angle \tau_3$ откладывают действительное значение длины отрезка O_1m_1 . Получаем отрезки O_1m_i ($O_1m_0, O_1m_1, O_1m_2, O_1m_3 \dots$) разной длины, проведенные под разными углами $\angle \tau_3$ и выходящие из точки O_1 ;

3) соединяют точки $m_0, m_1, m_2, m_3 \dots$ и получают траекторию средней точки m_i на шатуне.

Из полученного построения, приведенного на рис. 3, видно, что у кривошипно-коромыслового механизма параллелограммного типа траекторией средней точки m_i на шатуне является окружность, центр которой расположен в середине межцентрового расстояния OO_1 . В рассматриваемом случае радиус окружности, проводимый из середины межцентрового расстояния, равен действительным значениям длины кривошипа и коромысла.

Выводы

1. Получены аналитические зависимости (1) – (5), выполнение расчета по которым является подготовительным этапом при построении траектории средней точки на шатуне.

2. Описаны этапы построения траектории средней точки на шатуне.

3. Совместное использование упомянутых аналитических зависимостей и этапов построения траектории средней точки на шатуне формируют графоаналитический метод построения названной траектории.

4. Показано, что применительно к кривошипно-коромысловым механизмам параллелограммного типа траекторией средней точки на шатуне является окружность, центр которой расположен в середине межцентрового расстояния упомянутого механизма, при этом радиус упомянутой окружности равен действительным значениям длины кривошипа и коромысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манипулятор для передачи изделий: пат. 2521933, МКИ В25 J18/04 / Горлатов А.С. – № 2012151748/02; заявл. 03.12.2012; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19 – 5 с.

2. Теория механизмов и машин / М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 560 с.

3. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов. – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.

4. Степанов В.А. Компьютерные исследования четырехшарнирных механизмов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 1(107) – С. 61-66.

5. Серeda Н.А. Семейства кривошипно-коромысловых механизмов: Монография. – М.: Издательство «Спутник+», 2019. – 96 с.

KIND OF THE CONNECTING LINK CURVE OF THE PARALLELOGRAM-TYPE ROCKER MECHANISM

Sereda Natalya Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts

Agafonova Polina Leonidovna, Student, Department of electrical equipment for ships
and electric power

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru; agafonowa.poly@yandex.ru

The article is devoted to the study of a transmission mechanism based on a parallelogram-type crank-rocker mechanism. The subject of research is the search for the type of trajectory of a point on the connecting link. Dependencies for determining the length of the segment and the angle of its inclination to the horizontal axis are obtained. The named constraints are used to construct the trajectory of a point on the connecting link. It has been established that the trajectory of a point on the connecting link is a circle centered in the middle of the center-to-center distance. This is valid for parallelogram-type crank-rocker mechanism.

МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗДЕЛИЙ: СОГЛАСОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Серета Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин

Зубавичюс Роман Виргиневич, студент гр. 18-ЭЭ кафедры электрооборудования судов и электроэнергетики

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru; infotech.zub@yandex.ru

Статья посвящена исследованию передаточного механизма, содержащего рычажный механизм и зубчато-реечную передачу. Предмет исследования – поиск зависимостей для согласования геометрических параметров шестерни зубчато-реечной передачи и коромысла рычажного механизма. Названные два звена расположены в манипуляторе на одной оси. Получены зависимости для определения числа зубьев цилиндрической прямозубой шестерни в функции длины коромысла и модуля зубчатого зацепления. Названные зависимости применяются при согласовании геометрических размеров рычажного механизма и зубчато-реечной передачи.

В патенте № 2591933 под названием «Манипулятор для передачи изделий» содержится кинематическая схема и описание этого манипулятора [1]. Названная технологическая машина представляет собой комбинированный механизм с рычагами, снабженными губками для захвата изделий; при этом упомянутые рычаги совершают сложное движение.

Машина-манипулятор содержит такие звенья, как кривошип, шатун, коромысло и стойку, представляющие собой кривошипно-коромысловый (рычажный) механизм параллелограммного типа [5]. Кривошип закреплен на валу привода, а коромысло шарнирно связано со стойкой и укреплено на общей оси с зубчатой шестерней. Упомянутая шестерня взаимодействует с зубчатой рейкой, смонтированной в неподвижных направляющих, что позволяет получить кинематическую пару, обеспечивающую возвратно-поступательное движение рейки. На рейке шарнирно закреплены рычаги с губками для захвата изделий. На рычагах имеются ролики, взаимодействующие с фигурным пазом неподвижного кулачка (копира).

Таким образом, сложное движение рычагов с губками для захвата изделий состоит из двух движений: возвратно-поступательного совместно с рейкой и возвратно-поворотного (качательно) относительно рейки. Возвратно-поворотная составляющая сложного движения выполняется не на всем интервале кинематического цикла, а лишь на его части, то есть в момент взаимодействия роликов рычагов с фигурным пазом копира. Отметим, что рассматриваемая машина-манипулятор обеспечивает перенос изделия из одной позиции в другую по прямолинейной траектории.

Анализ конструкции машины-манипулятора показал, что эта машина содержит плоский рычажный механизм (кривошипно-коромысловый) и передачу с высшей кинематической парой (зубчато-реечную). Поэтому геометрические параметры перечисленных двух механизмов должны быть согласованы.

Примем следующее допущение: за интервал рабочего хода коромысла (угол поворота коромысла в интервале рабочего хода равен 180°) зубчатая шестерня должна повернуться на угол 360° . Обозначим длину коромысла l_3 . Длина дуги окружности, описываемой коромыслом в интервале рабочего хода, составит

$$L_{\text{кор}} = \frac{\pi \cdot l_3}{180^\circ} \cdot \alpha, \quad (1)$$

где α – угловой интервал рабочего хода коромысла, $\alpha = 180^\circ$.

Откуда для длины дуги окружности $L_{кор}$ получим

$$L_{кор} = \frac{\pi \cdot l_3}{180^\circ} \cdot 180^\circ = \pi \cdot l_3.$$

Длина дуги окружности, описываемой зубчатой шестерней в интервале рабочего хода коромысла (в этом случае угол $\alpha = 360^\circ$), устанавливается по формуле (1) с учетом нового значения угла α .

$$L_{шест} = \frac{\pi \cdot R_{шест}}{180^\circ} \cdot 360^\circ = 2 \cdot \pi \cdot R_{шест}.$$

(2)

Упомянутые длины дуг $L_{кор}$ и $L_{шест}$ должны быть равны. Откуда получим, что

$$R_{шест} = \frac{l_3}{2},$$

т.е. при принятом допущении радиус по вершинам зубьев цилиндрической прямозубой шестерни в два раза меньше длины коромысла. Тогда диаметр по вершинам зубьев шестерни равен длине коромысла.

По известной формуле [2 – 4] диаметр по вершинам зубьев цилиндрической прямозубой шестерни равен

$$d_{a1} = m \cdot (Z_1 + 2). \quad (3)$$

Разрешим формулу (3) относительно числа зубьев шестерни и получим

$$Z_1 = \frac{l_3}{m} - 2. \quad (4)$$

По формуле (4) можно определить число зубьев цилиндрической прямозубой шестерни, зная стандартные значения модуля m зубчатого зацепления и длину коромысла l_3 .

В табл. 1 представлены результаты расчета числа зубьев шестерни, выполненные по формуле (4) при разных значениях модуля m , взятых из стандарта [3, стр. 122] и фиксированной длине коромысла l_3 , равной 70 мм.

Таблица 1

Результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (4) при разных значениях модуля m , мм

Значение модуля m , мм	Число зубьев шестерни Z_1 при длине l_3 , равной 70 мм	Округленное до целого значение числа зубьев шестерни
1,0	68,0	68
1,5	44,6	45
2,0	33,0	33
2,5	28,0	26
3,0	21,3	21
4,0	15,5*	15*
5,0	14,0*	12*

В табл. 2 приведены результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (4) при разных значениях и модуля m , и длины коромысла l_3

**Результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (4)
при разных значениях и модуля m , и длины l_3**

Значение модуля m , мм	Число зубьев шестерни Z_1 при длине l_3 , мм				
	50	60	80	90	100
1,0	48	58	78	88	98
1,5	31	38	51	58	65
2,0	23	28	38	43	48
2,5	18	22	30	34	38
3,0	15*	18	25	28	31
4,0	10*	13*	18	20	23
5,0	8*	10*	14*	16*	180

Выполним анализ данных, приведенных в таблицах 1 и 2. С увеличением длины коромысла l_3 при постоянных значениях модуля m число зубьев шестерни увеличивается. И, наоборот, с увеличением модуля m при постоянной длине l_3 число зубьев шестерни уменьшается. При малых значениях длины коромысла l_3 с увеличением модуля m число зубьев шестерни быстрее достигает значения $Z_{min} \geq 17$. Таким образом, значения параметра Z_1 в таблицах 1 и 2 со звездочкой – это значения для скорректированной зубчато-реечной передачи.

Примем допущение о том, что за интервал рабочего хода коромысла (угол поворота коромысла в интервале рабочего хода равен 180°) зубчатая шестерня должна повернуться также на угол 180° . Длину коромысла обозначим l_3 . В этом случае длина дуги окружности $L_{кор}$, описываемой коромыслом в интервале рабочего хода по формуле (1), составит

$$L_{кор} = \frac{\pi \cdot l_3}{180^\circ} \cdot 180^\circ = \pi \cdot l_3.$$

Длина дуги окружности, описываемой зубчатой шестерней в интервале рабочего хода коромысла (в этом случае угол α для шестерни равен 180°), устанавливается по формуле (1) с учетом нового значения угла α .

$$L_{шест} = \frac{\pi \cdot R_{шест}}{180^\circ} \cdot 180^\circ = \pi \cdot R_{шест}.$$

Упомянутые длины дуг $L_{кор}$ и $L_{шест}$ должны быть равны. Откуда получим, что

$$R_{шест} = l_3,$$

т.е. при принятом допущении радиус по вершинам зубьев цилиндрической прямозубой шестерни равен длине коромысла. Тогда диаметр по вершинам зубьев шестерни равен удвоенной длине коромысла.

Разрешим известную формулу (3) относительно числа зубьев шестерни при принятых ранее допущениях и получим

$$Z_1 = \frac{2 \cdot l_3}{m} - 2. \quad (5)$$

По формуле (5) можно определить число зубьев цилиндрической прямозубой шестерни, зная стандартные значения модуля m зубчатого зацепления и длину коромысла l_3 .

В табл. 3 представлены результаты расчета числа зубьев шестерни, выполненные по формуле (5) при разных значениях модуля m , взятых из стандарта [3, стр. 122] и фиксированной длине коромысла l_3 , равной 70 мм.

**Результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (5)
при разных значениях модуля m , мм**

Значение модуля m , мм	Число зубьев шестерни Z_1 при длине l_3 , равной 70 мм	Округленное до целого значение числа зубьев шестерни
1,0	138,0	138
1,5	91,3	91
2,0	68,0	68
2,5	54,0	54
3,0	45,0	45
4,0	33,0	33
5,0	26,0	26

В табл. 4 приведены результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (5) при разных значениях и модуля m , и длины коромысла l_3

Таблица 4

**Результаты расчета числа зубьев шестерни по формуле (5)
при разных значениях и модуля m , и длины l_3**

Значение модуля m , мм	Число зубьев шестерни Z_1 при длине l_3 , мм				
	50	60	80	90	100
1,0	98	118	158	178	198
1,5	65	78	105	118	131
2,0	48	58	78	88	98
2,5	38	46	62	70	78
3,0	31	38	51	58	65
4,0	23	28	38	43	48
5,0	18	22	30	34	38

Выполним анализ данных, приведенных в таблицах 3 и 4. С увеличением длины коромысла l_3 при постоянных значениях модуля m число зубьев шестерни увеличивается. При этом для мелкозубчатых зубьев число Z_1 увеличивается значительно с увеличением длины l_3 . И, наоборот, с увеличением модуля m при постоянной длине коромысла l_3 число зубьев шестерни уменьшается, не достигая значения $Z_{min} = 17$.

Выводы

1. Выполнен анализ конструкции манипулятора, содержащего кривошипно-коромысловый (рычажный) механизм и зубчато-реечную передачу.
2. Получены зависимости для определения числа зубьев прямозубой цилиндрической шестерни зубчато-реечной передачи в функции длины коромысла и модуля зубчатого зацепления.
3. Приведены расчетные данные по числу зубьев шестерни. Показано, что с увеличением длины коромысла l_3 при постоянных значениях модуля m число зубьев шестерни увеличивается. И, наоборот, с увеличением модуля m при постоянной длине коромысла l_3 число зубьев шестерни уменьшается.
4. Полученные зависимости позволяют согласовать геометрические параметры двух механизмов: кривошипно-коромыслового (рычажного механизма) и зубчато-реечной передачи, входящих в состав анализируемого манипулятора для передачи изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манипулятор для передачи изделий: пат. 2521933, МКИ В25 J18/04 / Горлатов А.С. – № 2012151748/02; заявл. 03.12.2012; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19 – 5 с.

2. Хруничева, Т.В. Детали машин: типовые расчеты на прочность: учебное пособие. – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2012. – 224 с.
3. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 2003 – 408 с.
4. Лукиенко Л.В. Автоматизация выбора параметров крупномодульных зубчато-реечных передач технологических машин // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Вып. 8. Ч.1 – С. 206-209.
5. Серeda Н.А. Семейства кривошипно-коромысловых механизмов: Монография. – М.: Издательство «Спутник+», 2019. – 96 с.

MANIPULATOR FOR PRODUCT TRANSFER: MATCHING GEOMETRIC PARAMETERS

Sereda Natalya Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts
Zubavichius Roman Virginevich, Student, Department of electrical equipment for ships
and electric power

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru; infotech.zub@yandex.ru

The article is devoted to the study of a transmission mechanism containing a crank-rocker mechanism and a rack and pinion transmission. The subject of research is the search for dependencies for matching the geometric parameters of the gear and rocker arm. These two links are located in the manipulator on the same axis. Dependencies are obtained for determining the number of gear teeth as a function of the rocker arm length and gearing module. The named dependencies are used when coordinating the geometric dimensions of the crank-rocker mechanism and the rack-and-pinion gear.

УДК 621(06) :378

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК УСЛОВИЕ ВНЕДРЕНИЯ ПРИРОДОСОХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Соколова Ирина Алексеевна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры
автоматизированного машиностроения

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: iasokolova@mail.ru

В статье предлагаются пути снижения последствий экологического кризиса за счёт внедрения экологической культуры в машиностроительное производство. Для сбалансирования интересов промышленности и окружающей среды необходимо экологически грамотное управление предприятием, следование принципам экологической этики, что требует повышения уровня компетентности инженерно-технических работников машиностроения.

Галопирующее взлёт производительных сил, ускорение научно-технического прогресса и, как следствие, беспрецедентное техногенное влияние на окружающую среду, стремительное истощение природных ресурсов, обострило экологическую проблему, создало предпосылки развития техногенных, социальных и иных катастроф, актуализировался вопрос о «традиционных» и «нетрадиционных» методах решения проблемы сохранения окружающей среды [1, с. 94]. Происходит устойчивое нару-

шение равновесия, проявляющееся в деградации окружающей среды и невозможности его восстановить. Для нивелирования последствий экологического кризиса мировым сообществом предлагается вариант решения экологических проблем путём движения в направлении устойчивого развития общества, т. е. установление равновесия между обществом и природой, которое предусматривает сбалансированное развитие производства и сохранение окружающей среды. Экологическая устойчивость производства, характеризующаяся гармоничным взаимодействием с природой, соблюдением принципов взаимной безопасности, является неотъемлемым качеством экономического роста.

Для реализации возможности достижения устойчивого развития промышленности экономическая наука предлагает следовать таким принципам как: признание устойчивого развития социальным и политическим процессом; признание экономических, экологических и социальных критериев равнозначными для определения цели, стратегии её достижения и механизмов дальнейшего развития; соблюдение равновесия между природно-ресурсным потенциалом территории и структурой пространства; признание моральных воззрений в качестве основополагающих, требующих кардинального изменения императивов мышления человека, структуры ценностей всего общества.

По мнению ученого-эколога К. С. Лосева «не существует никаких «безотходных» и «экологически чистых» технологий, а вся глобальная экономика представляет собой, в конечном счёте, грандиозную систему по производству отходов, так как около 90% всех отходов - это твердые отходы и лишь порядка 10% газообразные и жидкие». Процесс целенаправленного превращения в сырьё как отходов производства, так и отходов потребления заключается в организации замкнутых циклов как производства, так и циклов их переработки [2]. Осуществление производственного рециклинга возможно благодаря целенаправленной реализации мер технологического и управленческого характера.

Уровень развития машиностроения непосредственно влияет на весь производственный потенциал Российской Федерации. Именно машиностроительное производство обеспечивает устойчивость всей экономики, включая агропромышленный комплекс, строительство, транспорт, кораблестроение, авиастроение, связь, и др., а также осуществляет заполнение потребительского рынка, отражается на производительности труда, энергоёмкости и материалоемкости промышленного производства, экологической безопасности, обороноспособности, на других показателях валового внутреннего продукта.

Главной целью развития эффективного, конкурентоспособного машиностроительного производства является технологическая его модернизация, необходимая для удовлетворения внутреннего спроса в машиностроительной продукции и стремления к присутствию её на внешних рынках. К числу конкретных мероприятий, способствующих достижению цели, относятся: реструктурирование всего машиностроительного комплекса; широкое применение передовых инновационных технологий; увеличение роста инвестиционной привлекательности предприятий; расширение рынка сбыта продукции, включая экспорт; оптимизацию таможенно-тарифной политики; повышение количества высококвалифицированных кадров [3].

Для реализации принятой Правительством Российской Федерации стратегии развития высокотехнологичного и инновационного машиностроительного комплекса, внедрения отраслевых и межотраслевых проектов, выполнения программ реализации в области охраны окружающей среды в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ) от 10.01.2002 большое значение имеет развитие экологической культуры на производстве.

Экологическая культура производства включает: внедрение ресурсосберегающих и реновационных технологий, рост качества продукции за счёт экологической деятельности; рациональное использование ресурсов; формирование экологической репутации, путём; использования информации о результатах; повышение мотивация персонала в экологической деятельности. В отличие от «просто» культуры производства, внедряемой в прошлом и включающей автоматизацию, роботизацию, а также выполнение требований эргономики и охраны труда, процесс экологизации культуры производства заключается в организации мероприятий как технологического, так и управленческого характера, а также образовательные и воспитательные меры, необходимые для осознания членами общества ответственности за их вклад в предпринимательство, в устойчивое развитие, сохранение мира и цивилизации.

Экологическая культура предприятия предусматривает соблюдение таких мер как: следование принципам экологического менеджмента, включающий экологический производственный контроль и аудит; внедрение реновационных технологий; экологическое образование и воспитание персонала.

Реализации концепции устойчивого развития в области машиностроения, направленная на повышение экологической культуры производства, осуществляется за счёт внедрения эффективной си-

стемы управления. Адекватное реагирование предприятий промышленности на растущие требования общества к защите окружающей среды согласно положениям ISO 140000 «Экологический менеджмент» предполагает следование таким принципам и положениям как: [4]:

- эффективная организация системы экологического управления предприятием с признанием ответственности за негативные последствия от его производственной деятельности на окружающую среду с учётом исполнения механизма возмещения за нанесенный ущерб;

- проведение экологических аудита, экспертизы и страхования предприятия с целью определения эколого-экономической оценки ущерба от воздействия жизненного цикла изделий производства и их утилизации на окружающую среду;

- экологическая сертификация, маркировка для непрерывного информирования потребителей об экологических свойствах продукции, сырья, материалов, технологических процессах её изготовления;

- выполнение требований, норм и стандартов охраны окружающей среды с целью выполнения экологических обязательств предприятия перед потребителями;

- создание экологического привлекательного имиджа предприятия с помощью сочетания получение выгоды применения реновационных процессов и затрат на охрану окружающей среды;

- подъем мотивации персонала к применению реновационных процессов и стремления к повышению квалификации.

Под организацией и управлением экологическим машиностроительным предприятием понимается: планирование системы экологического управления; внедрение системы экологического менеджмента и осуществление производственного контроля; повышение уровня информации потребителей, поставщиков, населения; введение экологической политики и декларирование экологических приоритетов предприятия; анализ результатов воздействия производственных процессов на окружающую среду, возможность минимизации отходов, рациональное управление сырьём, газо- водо- и энергосбережение; внедрение экологической программы предприятия; организацию процедур экологического мониторинга и аудита; разработка экологического паспорта.

Таким образом, полный учёт экологических факторов проводится в технико-экономическом обосновании проектов, включая системы охраны окружающей среды, широкое использование принципов экологического управления в производственной и предпринимательской деятельности, наведение порядка как на производственных участках, так и вспомогательных подразделениях создаёт эффективные условия достижения конкретных результатов в области охраны природы.

Экологические проблемы в машиностроении в основном связаны с образованием отходов металлургического, гальванического, лакокрасочного, химического производства, образовании эмульсий и шламов в металлообработке, которые очищаются, обезвреживаются, доводятся до предельно допустимой концентрации (ПДК), прежде чем транспортироваться в окружающую среду. За выбросы загрязняющих веществ в водные бассейны, атмосферу и почву предприятию определяют денежные выплаты, которые в какой-то степени должны компенсировать ущерб, наносимый окружающей среде.

Для выполнения положений и принципов экологической работы предприятия организуется экологическая служба, которая занимается координацией деятельности всех его подразделений, осуществляет экологический производственный контроль соблюдения предельно-допустимых значений нормативов: предельно допустимых выбросов (ПДВ), предельно допустимых стоков (ПДС), количества отходов, снижение негативного воздействия на атмосферный воздух, водные объекты, почву. Экологическая служба осуществляет: контроль за выполнением требований законодательства по охране окружающей среды; проверку выполнения мероприятий рационального использования природных ресурсов, включая соблюдение предприятием допустимых значений водопользования, выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов в сточные воды загрязняющих веществ и нормативов образования отходов и нормативов на их размещение; мониторинг следования предписаниям в области охраны окружающей среды уполномоченных государственных органов; контроль за обращением с опасными веществами; надзор за работой природоохранного оборудования и сооружений, за состоянием окружающей среды в зоне воздействия деятельности машиностроительного предприятия; наблюдение за своевременным представлением предприятием форм статистической отчетности.

Статья 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ разъясняет, что плата за негативное воздействие на окружающую среду не освобождает субъекты производственной деятельности от выполнения мероприятий по охране окружающей среды. Каждый год руководство предприятия обязано выпустить соответствующий организующий документ (приказ), в кото-

ром намечаются природоохранные мероприятия, направленные на улучшение экологической обстановки в регионе, обязать принять его к исполнению, назначить ответственных и осуществлять контроль за выполнением.

Согласно графикам утвержденным специалистами Ростехнадзора к функциям экологической службы предприятия относится как контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, так и контроль за их сброс в водные объекты. Результаты из аккредитованной лаборатории поступают в экологическую службу и учитываются при расчете платежей за загрязнение окружающей среды, составлении годовых отчетов, при получении разрешительных документов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ. Постоянное взаимодействие экологической службы предприятия с производственными подразделениями, непрерывный контроль за нарушением природоохранительного законодательства, быстрое реагирование на негативные последствия принесут ощутимый результат в дело охраны окружающей среды.

Современные общественные институты нуждаются в специалистах, поведение которых отвечало бы запросам современного общества. Сейчас много исследования приходят к выводу, что основной причиной экологического кризиса является человеческий фактор, так как он имеет мировоззренческие, философско-идеологические, психологические характеристики. Несмотря на все организационные и управленческие мероприятия, все постановления, продолжается варварское расхищение природных ресурсов, деградация окружающей среды и наблюдается отсутствие осознания опасности последствий этого. Причинами выступают как очевидная экологическая безграмотность отдельной личности и общества в целом, так и нивелирование некоторых моральных воззрений, качественное изменение структуры ценностей.

Специалист должен обладать экологическим сознанием, уметь оперировать экологическим мышлением, обладать экологическими знаниями. Представители производства, делового мира, ученые, рабочие должны содействовать повышению эффективности использования природных ресурсов и следовать принципам экологической этики, т.е. быть носителем экологической культуры.

В Московской международной декларации, посвященной экологической культуре, она определяется как культура, при которой общество, имея развитую систему духовных ценностей, этических принципов, экономических механизмов, социальных институтов, правовых норм, предполагает, неугрожающие существованию жизни на Земле, потребности и методы их реализации.

Формирование экологической культуры основываются на принципах экологической этики, впервые введенной О. Леопольдом и А. Швейцером. Большой вклад в её развитие как философской науки внесли Ю. Харгроув, Холмс Ролстон III, Б. Коллинкотт, Р. Атфилд, Р. Баэр, Ф. Джорансон, Р. Нэш, Дж. Синглер, П. Сэнтмайр, Т. Реган, Дж. Харт и др. В России, А. П. Семёнов-Тянь-Шанский, Г. А. Кожевников, Д. Н. Кайгородов, И. П. Бородин предложили этико-эстетический подход к защите природы. Исследования Л. В. Коноваловой, В. Е. Ермолаевой, В. Б. Калинина, В. И. Данилова-Данильяна, Р. С. Карпинской, Т. Н. Павловой, А. П. Огурцовой, Р. С. Протасова и др. посвящены некоторым сторонам экологической проблематики. Самостоятельной дисциплиной экологическая этика стала, когда начала преподаваться в университете штата Висконсин в 70 - х годах прошлого столетия.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро прошла Конференция ООН, посвященная вопросам сохранения окружающей среды в условиях развития промышленного производства, после которой получили распространение принципы экологической этики, продолжило развиваться экологическое образование. С переходом экологического кризиса в глобальную стадию, приоритеты в преобразовании окружающей среды перешли на уровень рассмотрения экологических проблем всей жизни на Земле, т. е. «этика окружающей среды» трансформируется сейчас в «этику наук о жизни». Усиливается роль учебных заведений в деле подготовки экологически и экономически грамотных специалистов, так как растёт значение эффективного управления интеллектуальными ресурсами, под которыми понимается «совокупность знаний и мыслительных способностей человеческих ресурсов, которые они используют для выработки наиболее адекватных решений во всех сферах деятельности экономики знаний, позволяющих сохранять её устойчивое развитие» [5].

Существенное значение имеет введение этического аспекта в современное экологическое образование, продвигающее концепцию устойчивого развития при сохранении окружающей среды, для формирования ответственности современного и будущих поколений инженеров за окружающую природу, развития у них экологической культуры.

Экологическая культура специалистов подразумевает использование их способности применять экологические знания и умения в практической деятельности. Однако, можно обладать необходимыми знаниями, но не пользоваться ими как в производственной деятельности, так и в повседневной, бытовой жизни. Экологическая культура, по мнению учёных, включает такие основные составляющие, как экологическое поведение, экологическая деятельность и экологическое сознание. Под экологическим поведением понимаются как конкретные экологически грамотные поступки, связанные с использованием природных ресурсов, так и конкретные действия, непосредственно или опосредованно связанные с воздействием на окружающую природную среду.

Экологическая деятельность - деятельность, охватывающая разнообразные виды материальной и духовной деятельности, объединённые с постижением, преобразованием и сохранением окружающей природной среды. Экологическая деятельность и ответственность за её последствия всегда детерминируются с экологическим сознанием, т. е. с рефлектирующим отношением к природе, в качестве которых могут выступать: осмысленная экологическая деятельность, спонтанная экологическая деятельность, осознанное причинение ущерба природе, стихийное нанесение вреда окружающей среде и т. д.

Экологическое сознание, обладая всеми функциями сознания вообще, представляет собой совокупность экологических представлений, мировоззренческих позиций, помогающих субъекту анализировать окружающую действительность с экологической точки зрения. Экологическое сознание стало предметом научных исследований сравнительно недавно - только с начала 70-х годов, одновременно с такими понятиями как «экологическое мировоззрение», «экологическое мышление», «экологическое отношение», «экологическая деятельность». Э. В. Гирусов, А. Н. Кочергин, Ю.Г. Марков, Н.Г. Васильев, Г. С. Смирнов, Ф. Я. Палинчак, Г. В. Платонов, О. Н. Яницкий и др. приняли участие в создании понятийного аппарата в изучении экологического сознания. Экологическое сознание как «высшая форма развития психики субъекта или продукт его психического развития при взаимодействии с окружающей природной и социальной средой» в начальный момент отображало только чувственно-эмоциональное беспокойство деградацией окружающей природной среды, снижением условий жизни человека, затем перешло к осознанию необходимости соответствующей природоохранной деятельности.

На современном уровне развития машиностроительной отрасли человеческий фактор имеет решающее значение и, как следствие, происходит возрастание роли подготовки кадров, обладающих знаниями решения проблем окружающей среды, экологически рационального использования природных ресурсов, а не оправдывая действия и поступки, экономической целесообразностью.

Решение экологических проблем на производстве невозможно без формирования экологического сознания, которое определяет поведение инженерно-технических работников. Согласно ФГОС выпускник направления подготовки 15.03.01 – Машиностроение, освоивший программу «Перспективные технологии и экономика реновации», профиля подготовки «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» обязан обладать компетенциями, способствующими формированию экологического сознания:

- способностью применять базовые философские знания для понимания современного этапа научно-технического развития общества, оценивать последствия профессиональной деятельности (ОКД-1);

- умением использовать современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении (ОПК-4);

- умением контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ (ПК-16);

- умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения (ПК-17).

В мировой практике развитие экологической культуры связанной, прежде всего, с экологическим образованием, используются две основных взаимодополняющие модели, реализуемые путём его содержания: обязательное введение предмета «экология» в учебные программы; экологизация всех учебных дисциплин.

Из анализа экологического образования и воспитания студентов технического вуза следует, что определённый уровень подготовки получает экологическую и профессиональную направленность и может быть обозначен как эколого- и профессионально ориентированный, в случае если направлен на формирование экологического сознания, так как сложность взаимоотношений природы и человека представляет собой многослойную систему, которая «отражает» как рационально-интеллектуальный характер отношений, т. е. знания, теоретические и практические установки, так и чувственно-эмоциональные реакции виде переживания, эмоциональных реакций, смены настроения. Эмоциональная составляющая сознания студента включает его воображение, творческие способности, поэтому продолжение эмоционального его развития, формирование его экологического сознания предполагает воспитание у него веры в свои силы, развитие моральных убеждений и их непоколебимости, отсутствие синдрома «выученной беспомощности», так как вера, чувства, эмоции составляют единое целое эмоционально-ценностной сферы человека.

Отбор и структурирование междисциплинарного содержания дисциплины «Перспективные технологии и экономика реновации в машиностроении» с помощью элементов теории графов, расширяют потенциал педагога за счёт использования математической аппаратуры и вычислительной техники, с использованием словесного, символического и схематического образовательных кодов. Без участия речи и языка невозможна познавательная деятельность и неосуществимо построение образовательной среды экологической направленности, как «универсальной области контакта» в образовательной среде, без соответствующего инструментария, в качестве которого выступает тезаурус экологических и инженерных терминов. В процессе построения «категориальной сетки» и интегрированного семантического поля определяется доминанта, составляющая его ядро. Термин «экология» является доминантой или центром, вокруг которого выстраивается периферия, в качестве которой выступают такие понятия, как «экономика», «природопользование», «аддитивные технологии», «реновация» «утилизация» и т. д.

Основной задачей, решаемой системой высшего образования вообще и технического в частности, является создание условий необходимых для формирования экологического сознания, экологического поведения и действия, т. е. экологической культуры специалистов.

Приобщение в процессе обучения студентов к практической ресурсосберегающей работе, возможность применения знаний о инновационных реновационных технологиях при выполнении выпускной квалификационной работы, на практике будет способствовать формированию у них экологической ответственности. Таким образом, экологическая подготовка в профессиональном образовательном учреждении должна быть направлена на поэтапное становление экологически культурной личности, и должна реализовываться в рамках экологизации содержания профессиональной образовательной программы. Однако необходимо отметить, что процесс экологизации образования взаимосвязан с этапами становления молодого человека как личности и предусматривает постоянное последовательное формирование у студентов экологической грамотности, экологической образованности, экологического компонента профессиональной компетентности, экологического сознания и экологической культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерябо С. Д. Экологическая педагогика и психология: учеб. пособие для вузов / С. Д. Дерябо, В. А. Ясвин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. – 477 с.
2. Сафиуллин Р. Г. Современные проблемы экономики природопользования в России и Башкортостане / Р. Г. Сафиуллин. - Химическая экология: Материалы школы-семинара / Изд-е Башкирского университета. - Уфа, 2001. - 198с.
3. . Коньшакова, С. А. Перспективы развития и инновационного машиностроения России / С. А. Коньшакова, О. Г. Кураленко – [Электронный ресурс] URL: <http://uecs.ru-39-392-12>.
4. Бобышко, В. И. Принципы экологического управления в экономике малого бизнеса / В. И. Бобышка. – Москва: РЭФИА, НИИ- Природа, 2002. – 162 с.
5. Ершова И. Г. Выбор приоритетов эффективного управления интеллектуальными ресурсами в экономике знаний / И. Г. Ершова, Ю. В. Вертакова // Известия Юго- Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2012. – № 2. – С. 260–270.
6. Трусова Л. И. Экономика машиностроительного предприятия : учебное пособие /Л. И. Трусова, В. В. Богданов, В. А. Щепочкин. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 200 с.

7. Заглядимова, Н. В. Экологизация образования в техническом вузе / Н. В. Заглядимова, Г. В. Рыбакова, //Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. 2015. № 1 (20) С. 175-178.
8. Морозова Н.В. Экологизация образования как средство формирования экологической культуры / Н. В. Морозова //Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-2. – С. 300-304; – [Электронный ресурс] URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=29597>.
9. Образовательная среда вуза / Е. А Леванова, А. Б. Серых [и др.] // Глобальный научный потенциал. – 2012. - №10. – С. 212 – 217.
10. Соколова И. А. Экологическая культура как результат экологизации образования и воспитания студентов технического Глобальный потенциал, - 2020. - №3(108) - С. 113 – 116.

ENVIRONMENT CULTURE OF MACHINE-BUILDING ENGINEERING AS A CONDITION FOR THE INTRODUCTION OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Sokolova Irina Alekseevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor, Department of Automated Mechanical Engineering

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: iasokolova@mail.ru

The article proposes ways to reduce the effects of the environmental crisis by introducing environmental culture into machine-building production. In order to balance the interests of industry and the environment, it is necessary to manage the enterprise in an ecologically sound manner, to raise the level of competence of the engineers and technicians of mechanical engineering, to make them aware of the value of nature and to follow the principles of environmental ethics.

УДК 531.8

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРКАСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Сукиасов Владимир Георгиевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ТММ и ДМ

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: vladimir.sukiasov@klgtu.ru

Рассмотрена задача теоретического исследования напряженного состояния и жесткости сварной каркасной конструкции верхнего кожуха жатки. Средствами автоматизированного проектирования и анализа выполнены геометрическое моделирование и серия статических расчетов. Параметры расчетной схемы подобраны с учетом точности численного решения. Получены количественные оценки жесткости конструкции.

Введение

Пространственные металлические конструкции широко используются в технике и строительстве. Проектирование подобных объектов немислимо без анализа прочности и жесткости. Существующие расчетные схемы анализа н.д.с. пространственных конструкций детально проработаны и стандартизированы. Однако область их применения ограничена объектами относительно простой конфигурации, а в случае более сложной геометрии эти схемы непригодны. В то же время средства автоматизированного проектирования и анализа позволяют обходиться без упрощения геометрии.

1. Постановка задачи

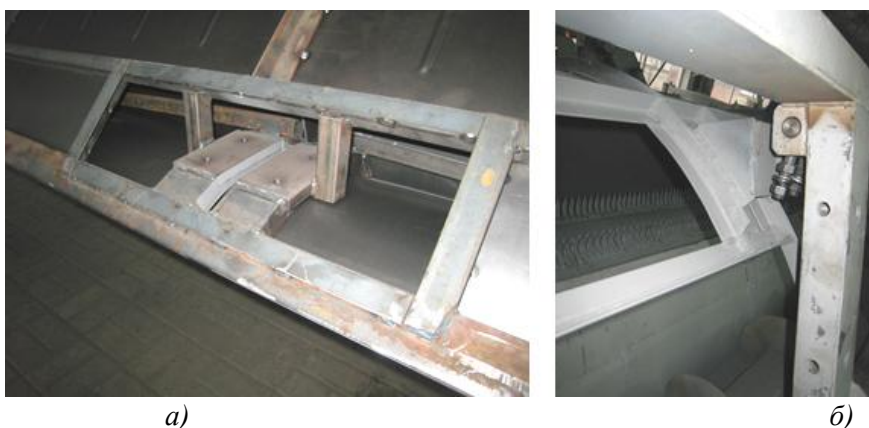
Объектом исследования является верхний кожух жатки. Общий вид частично собранной жатки и верхнего кожуха представлен на рис. 1; отдельные фрагменты кожуха показаны на рис. 2. Кожух покрывает три роторных агрегата жатки – битер в передней части, вал-очесыватель в средней



Рис. 1. Внешний вид жатки и верхнего кожуха

части и шнек сзади. Конструкция кожуха представляет собой сварной силовой каркас, обшитый стальным листом. Каркас монтируется из прокатных профилей – уголка и труб квадратного и прямоугольного сечения.

Целью работы является теоретический анализ напряженного состояния и жесткости кожуха под действием статических нагрузок, при этом рассматривается два способа нагружения. Первый из них – действие сил тяжести. Результаты соответствующих расчетов позволяют выявить наиболее



а)

б)

Рис. 2. Фрагменты кожуха:

а) опорная секция подшипникового узла в передней части кожуха;

б) болтовое крепление верхней части кожуха к корпусу

нагруженные места и характер деформирования кожуха, а также дают первичную информацию для последующего прогнозирования выносливости конструкции при движении жатки по пересеченной местности. Второй вариант нагружения – действие пробных силовых нагрузок для оценки жесткости кожуха в вертикальном и горизонтальном (по ходу жатки) направлениях. Необходимость подобных расчетов обусловлена тем, что битер длиной 7 м состоит из двух соосных роторов по 3.5 м, которые помимо опор по бокам жатки опираются на подшипниковый узел, укрепленный на четырех болтах в центральной части кожуха, показанной на рис. 2а. Для оценочного анализа собственных частот и форм ротора последний моделируется в виде вала с неподвижным опиранием на одном торце и упругими опорами на другом. Упругие опоры имитируют сопротивление смещениям торца вала со стороны кожуха. Жесткости этих опор подсчитываются на основе расчетных данных о перемещениях кожуха в месте приложения нагрузок от подшипникового узла. Помимо указанных задач количественной оценке подлежит также вклад обшивки, в том числе отдельно боковых панелей, в общую жесткость кожуха при двух вариантах нагружения.

Теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния (н.д.с.) конструкций сложной геометрии возможно только на основе численных методов, среди которых наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ), составляющий основу универсальных САЕ – систем.

2. Структура численного решения задачи на основе МКЭ

МКЭ относится к категории вариационных методов, в которых искомые величины аппроксимируются с помощью заданного набора функций. Коэффициенты этих аппроксимаций в дальнейшем отыскиваются из условий стационарности функционала, описывающего изучаемое состояние или процесс [1]. В задачах механики твердого тела используется главным образом МКЭ в форме перемещений, теоретическую основу которого составляет вариационный принцип Лагранжа. Распределение перемещений в каждом из КЭ описывается функциями формы. Эти функции представляются в виде полиномов, коэффициентами которых являются значения перемещений (степеней свободы) в узловых точках элемента.

Рассматриваемая конструкция представляет собой стержневой каркас с тонкостенной обшивкой, поэтому для дискретизации применяются одномерные стержневые и двумерные оболочечные элементы. Такие элементы имеют в каждом узле по 6 степеней свободы: 3 компоненты перемещения и 3 угла поворота относительно координатных осей.

У стержневого КЭ с двумя узлами, показанного на рис. 3, в общем случае пространственного

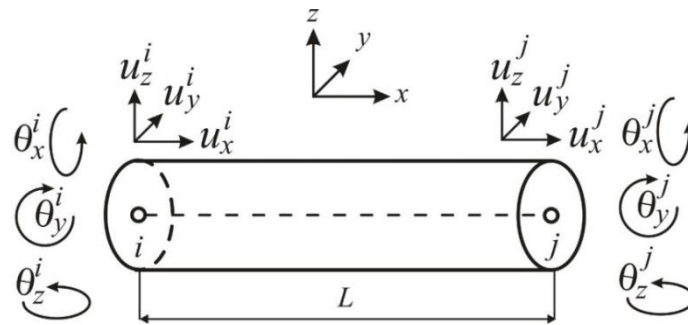


Рис. 3. Стержневой КЭ с двумя узлами

деформирования число степеней свободы равно 12. Зависимость перемещений и поворотов от осевой координаты в пределах длины элемента $0 \leq x \leq L$ представляется полиномами [2]:

$$\begin{aligned} u_x(x) &= u_x^i \frac{L-x}{L} + u_x^j \frac{x}{L}; & u_y(x) &= u_y^i \frac{2x^3-3Lx^2+L^3}{L^3} + \theta_z^i \frac{x^3-2Lx^2+L^2x}{L^2} - u_y^j \frac{2x^3-3Lx^2}{L^3} + \theta_z^j \frac{x^3-Lx^2}{L^2}; \\ u_z(x) &= u_z^i \frac{2x^3-3Lx^2+L^3}{L^3} - \theta_y^i \frac{x^3-2Lx^2+L^2x}{L^2} - u_z^j \frac{2x^3-3Lx^2}{L^3} - \theta_y^j \frac{x^3-Lx^2}{L^2}; \\ \theta_x(x) &= \theta_x^i \frac{L-x}{L} + \theta_x^j \frac{x}{L}; & \theta_y(x) &= \frac{du_y}{dx}; & \theta_z(x) &= \frac{du_z}{dx}. \end{aligned} \quad (1)$$

Вектор узловых неизвестных для элемента имеет вид

$$\mathbf{q}^{(e)} = \{u_x^i, u_y^i, u_z^i, \theta_x^i, \theta_y^i, \theta_z^i, u_x^j, u_y^j, u_z^j, \theta_x^j, \theta_y^j, \theta_z^j\}^T. \quad (2)$$

Матрица жесткости $[\mathbf{k}^{(e)}]$ элемента, устанавливающая связь между узловыми перемещениями и соответствующими узловыми реакциями, представляет собой симметричную матрицу размера 12×12 , ненулевые элементы которой (на главной диагонали и выше) определяются выражениями [2]:

$$\begin{aligned} k_{11}^{(e)} &= k_{77}^{(e)} = -k_{17}^{(e)} = EF/L; & k_{22}^{(e)} &= k_{88}^{(e)} = -k_{28}^{(e)} = 12EJ_z/L^3; \\ k_{33}^{(e)} &= k_{99}^{(e)} = -k_{39}^{(e)} = 12EJ_y/L^3; & k_{44}^{(e)} &= k_{1010}^{(e)} = -k_{410}^{(e)} = GJ_p/L; \end{aligned}$$

$$k_{55}^{(e)} = k_{1111}^{(e)} = 4EJ_y/L^2; k_{66}^{(e)} = k_{1212}^{(e)} = 4EJ_z/L^2; k_{512}^{(e)} = 2EJ_y/L; k_{611}^{(e)} = 2EJ_z/L; \quad (3)$$

$$k_{26}^{(e)} = k_{212}^{(e)} = k_{69}^{(e)} = -k_{812}^{(e)} = 6EJ_z/L^2; k_{35}^{(e)} = k_{311}^{(e)} = k_{58}^{(e)} = -k_{911}^{(e)} = -6EJ_y/L^2.$$

В этих формулах E и G – модули упругости и сдвига, F – площадь сечения, J_y и J_z – осевые моменты инерции сечения стержня, J_p – момент инерции при кручении (полярный).

Плоский 4-угольный элемент оболочки показан на рис. 4а. Функции формы такого элемента зависят от двух координат в срединной поверхности, а основной геометрической характеристикой является толщина h . В центральной части конструкции имеется 2 массивных плиты (см. рис. 2а), которые моделируются в виде объемов и разбиваются на тетраэдральные элементы, имеющие в каждом узле по 3 степени свободы – перемещения вдоль координатных осей. На рис. 4б показан

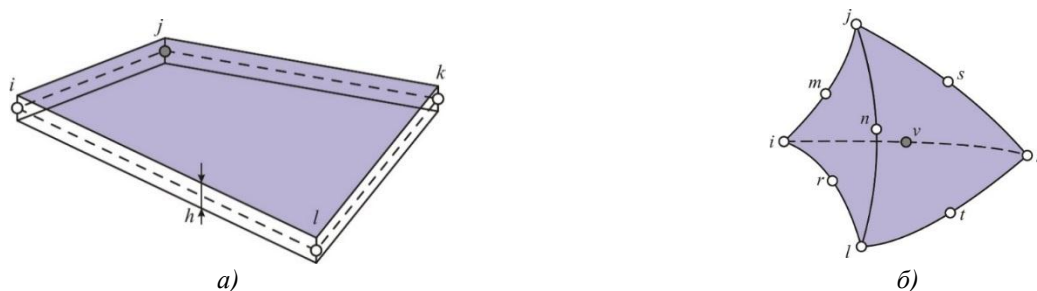


Рис. 4. Оболочечный и объемный конечные элементы

10-узловой тетраэдральный элемент, у которого узлы помимо вершин имеются и на ребрах. Это обеспечивает возможность использования квадратичных функций формы.

За счет дискретизации исходный континуальный объект заменяется системой с конечным числом степеней свободы. При этом потенциальная энергия деформированной конструкции складывается из энергий всех КЭ и представляет собой квадратичную зависимость от узловых неизвестных. Из условия минимума потенциальной энергии следует система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно этих величин [1]: $[k]q = p$, где $[k]$ – матрица жесткости всей конструкции, q – вектор узловых неизвестных, p – вектор узловых нагрузок. Число уравнений системы равно общему количеству степеней свободы во всех узлах.

Найденные в результате решения СЛАУ значения узловых перемещений (степеней свободы) позволяют с помощью известных функций формы определить перемещения и подсчитать компоненты деформаций и напряжений в любой точке рассматриваемой области.

В качестве обобщенной количественной характеристики напряженного состояния обычно используется эквивалентное напряжение, конкретный вид которого зависит от применяемой теории прочности, при этом эквивалентность понимается в смысле приведения сложного напряженного состояние к эквивалентному по опасности разрушения одноосному растяжению. Наиболее употребительной среди подобных величин является интенсивность напряжений, что соответствует IV-й теории прочности, экспериментально подтвержденной для пластичных изотропных материалов. Интенсивность напряжений определяется через координатные компоненты согласно выражению

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy} - \sigma_{xx}\sigma_{zz} - \sigma_{yy}\sigma_{zz} + 3(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2 + \sigma_{yz}^2)}. \quad (4)$$

Уровень напряженного состояния всей конструкции и ее отдельных частей можно оценить по максимальным значениям интенсивности напряжений.

3. Подготовка расчетной модели кожуха

Расчетная модель конструкции строится с использованием стержневых и оболочечных элементов, что предполагает описание геометрии посредством линий и поверхностей. Первоначально построенная модель в виде вытянутой поверхности воспроизводит геометрию бокового шпангоута

и показана на рис. 5а. В дальнейшем все поверхности и часть линий удаляются, за исключением линий, составляющих контур самого шпангоута.

Для создания конечноэлементной сетки использованы стержневой и оболочечный элементы, при этом задаются форма и размеры поперечного сечения стержня, толщина оболочки, а также положение элементов относительно линий и поверхностей. Помимо составных частей каркаса в виде уголков, тавровых профилей и труб, стержневые элементы использованы также для моделирования болтов (сечение – круг) и кронштейнов (сечение – прямоугольник), соединяющих кожух с корпусом жатки. Дискретизация массивных плит выполнена с применением тетраэдральных 10-узловых элементов. На рис. 5б представлена конечноэлементная модель бокового шпангоута, составляющая основу последующего моделирования.

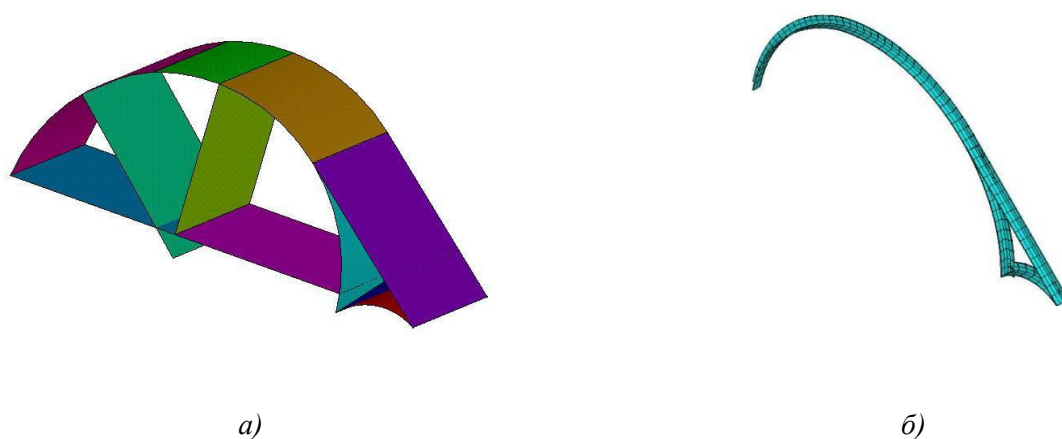


Рис. 5. Начальные этапы создания расчетной модели

Дальнейшие действия включают операции копирования и зеркального отражения базовой модели, а также удаление лишних линий вместе с элементами, результатом чего является поперечный силовой набор в виде 9-и шпангоутов. Следующая операция – построение поверхностей путем вытягивания соответствующих линий между соседними шпангоутами. Эта операция осуществляется последовательно, начиная от крайнего левого шпангоута, и сопровождается объединением совпадающих линий (принадлежащих вновь созданной поверхности и уже имеющемуся контуру соседнего шпангоута), что обеспечивает монолитность модели. Поверхности показаны на рис. 6а. Соединение соответствующих точек прямыми линиями и их дискретизация (наряду с принадлежащими поверхностям продольными линиями) элементами уголкового и трубчатого профилей завершают формирование стержневого каркаса, что иллюстрирует рис. 6б.

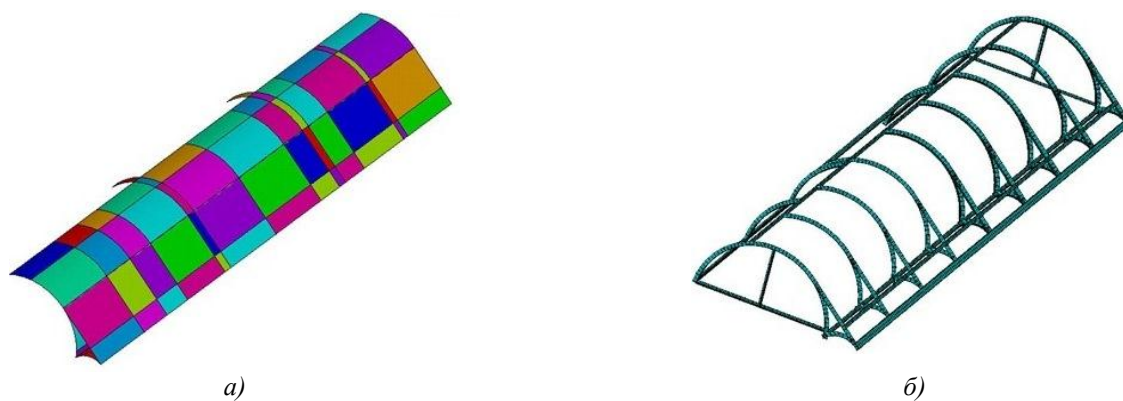


Рис. 6. Набор поверхностей для всего кожуха и конечноэлементная модель каркаса

Последующие построения связаны с моделированием опорного устройства для подшипникового узла в центральной части, включая дискретизацию плит объемными элементами. Кроме

этого, на наружных шпангоутах в месте стыка криволинейных уголков добавлены усиления в виде треугольных пластин, а также созданы кронштейны в верхней части двух внутренних шпангоутов и на горизонтальных стержнях наружных шпангоутов для крепления к корпусу жатки. Упомянутые фрагменты показаны на рис. 7. При их создании обеспечена жесткая связь с соседними частями конструкции за счет общих точек и линий, что гарантирует наличие совместных узлов конечноэлементной сетки. Общий вид модели представлен на рис. 8.

Помимо построения конечноэлементной модели подготовка расчетной схемы включает также задание внешних нагрузок и условий закрепления.

Крепление кожуха к корпусу жатки осуществляется с помощью болтов, среди которых 11 соединяют корпус с двумя задними опорными уголками кожуха; вдоль левой и правой сторон имеется по 3 болта, соединяющих с корпусом приваренные к опорному уголку кронштейны (см. рис. 2а и рис. 7г), по 2 болта соединяют с кронштейнами на корпусе треугольные пластины, усиливающие стык между криволинейными уголками, по одному болту соединяют с корпусом несущую трубу прямоугольного сечения на передней кромке кожуха. Помимо этого, по 2 болта соединяют с конструкцией корпуса 2 кронштейна в верхней части кожуха (см. рис. 2б и рис. 7в). Моделирование перечисленных закреплений выполнено путем фиксации нулевых значений степеней свободы в соответствующих узлах модели. Для большинства узлов ограничивались все компоненты, для некоторых узлов – только часть, с учетом возможности поворота болта вокруг своей оси. Задание внешних нагрузок и результаты расчетов описаны ниже. При этом следует отметить, что анализ статического деформирования кожуха под действием гравитационной нагрузки (сил тяжести) выполнен с закреплением только нижней части. Дополнительное крепление к корпусу жатки верхней части кожуха учитывается при анализе жесткости конструкции под действием сил со стороны подшипникового узла. Точность численного решения [3] оценивалась сравнением максимальных напряжений в конструкции при последовательном сгущении конечноэлементной сетки. Вычислительный эксперимент выполнен с использованием программного приложения, созданного с целью автоматизации этих расчетов. В результате были подобраны параметры расчетной схемы, обеспечивающие приемлемую точность. В частности, для полностью укомплектованной модели общее число элементов составляет 24540, среди которых 2239 стержневых и 20127 оболочечных; общее количество узлов равно 26725.

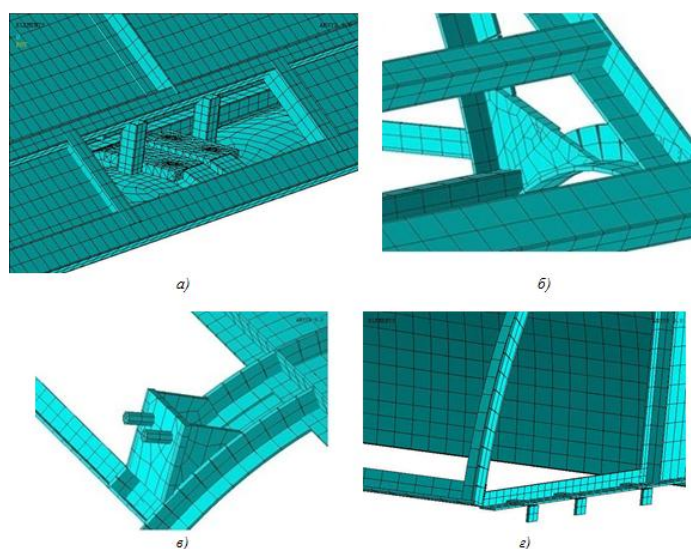


Рис. 7. Фрагменты конечноэлементной модели

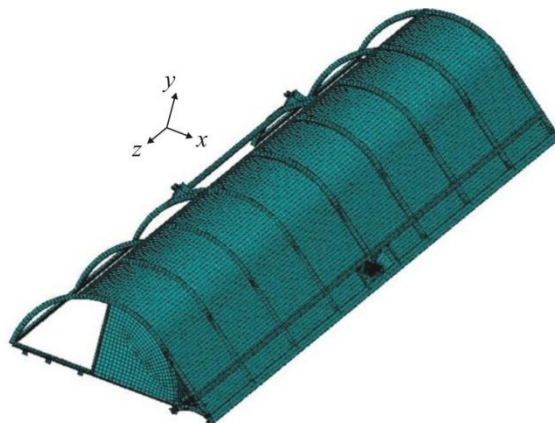


Рис. 8. Общий вид конечноэлементной модели кобуха

4. Результаты расчетов

С учетом обозначенных в разделе 1 целей работы предусмотрены три варианта расчетных моделей: а) кобух целиком (в полной комплектации); б) кобух без боковых панелей обшивки; в) силовой каркас кобуха без обшивки. В расчетах приняты следующие характеристики материала: модуль упругости $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

Действие сил тяжести на кобух моделируется инерционной нагрузкой в виде вертикального ускорения $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

Некоторые результаты представлены ниже, в том числе поля перемещений в вертикальном направлении для кобуха в полной комплектации (вариант а) – на рис. 9, и для кобуха без обшивки (вариант в) – на рис. 10.

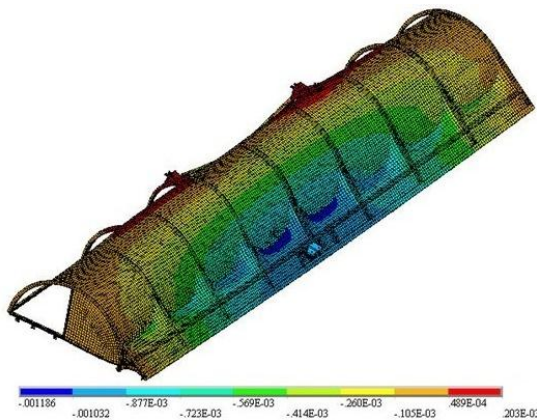


Рис. 9. Вертикальные перемещения (м) кобуха с обшивкой под действием сил тяжести

Таблица 1 содержит характерные числовые данные для рассматриваемого способа нагружения, включая вес конструкции, подсчитанный как суммарная реакция в вертикальном направлении.

Таблица 1

Кобух под действием сил тяжести

Вариант модели	Вес, Н	Наибольшее вертикальное перемещение u_y , м	Наибольшие напряжения σ_i , Па	
			в каркасе	в обшивке и плитах
а	2625.2	$-0.11853 \cdot 10^{-2}$	$0.4119 \cdot 10^8$	$0.2629 \cdot 10^8$
б	2584.0	$-0.11931 \cdot 10^{-2}$	$0.4082 \cdot 10^8$	$0.2568 \cdot 10^8$
в	1393.9	$-0.10626 \cdot 10^{-1}$	$0.9808 \cdot 10^8$	$0.2749 \cdot 10^8$

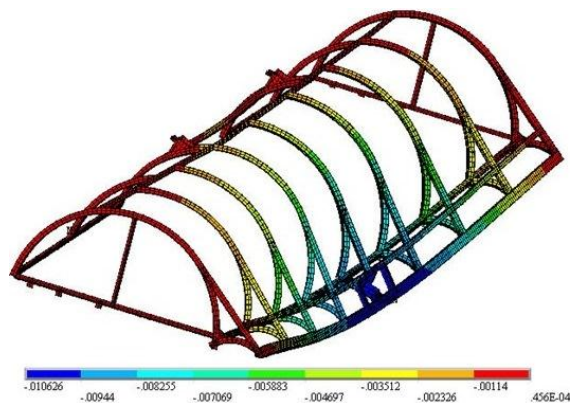


Рис. 10. Вертикальные перемещения (м) кожуха без обшивки под действием сил тяжести

Как видно из приведенных результатов, кожух без обшивки обладает существенно меньшей жесткостью, при этом основная тяжесть конструкции приходится на ее переднюю часть, что в условиях отсутствия опор вдоль передней трубы длиной 7 м приводит к относительно высоким напряжениям в каркасе.

Второй способ нагружения – действие пробных силовых нагрузок со стороны подшипникового узла для оценки жесткости кожуха в вертикальном и горизонтальном (по ходу жатки) направлениях.

Ниже рассмотрен случай нагружения вертикальной силой $F_y = -1000\text{Н}$. Нагрузка равномерно распределяется по 96 узлам, принадлежащим 4-м контурным линиям болтовых отверстий на верхних поверхностях массивных плит-вкладышей, как показано на рис. 11.

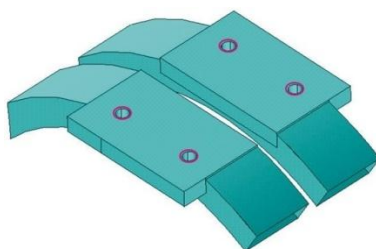


Рис. 11. Места приложения нагрузки со стороны подшипникового узла

Некоторые результаты представлены ниже, в том числе на рис. 12 и 13 – поля вертикальных перемещений для вариантов а) и в).

Полученные числовые данные для случая действия вертикальной нагрузки приведены в таблице 2. Здесь помимо наибольшего и наименьшего перемещений вертикального направления на контурах отверстий указано также среднее значение, используемое для подсчета жесткости согласно формуле: $k_y = F_y / u_{y \text{ mid}}$.

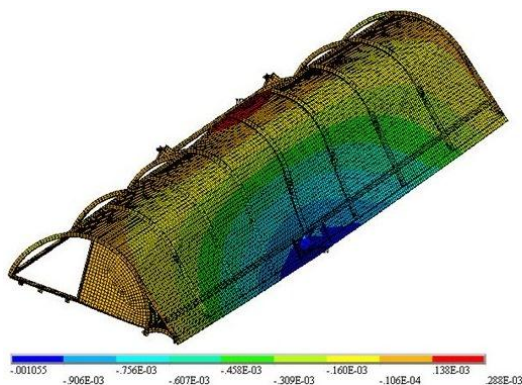


Рис. 12. Вертикальные перемещения (м) от вертикальной силы; кожух с обшивкой

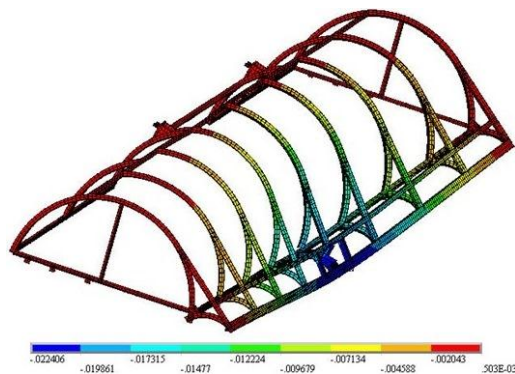


Рис. 13. Вертикальные перемещения (м) от вертикальной силы; кожух без обшивки

Таблица 2

Кожух под действием вертикальной силы со стороны подшипникового узла

Вариант модели	Перемещения на контурах болтовых отверстий u_y , м	Жесткость по вертикали k_y , Н/м	Наибольшие напряжения σ_i , Па	
			в каркасе	в обшивке и плитах
а	min $-0.87836 \cdot 10^{-3}$ max $-0.96302 \cdot 10^{-3}$ mid $-0.92069 \cdot 10^{-3}$	1085776.33008	$0.16359 \cdot 10^8$ уголок	$0.36894 \cdot 10^8$ плита
б	min $-0.89741 \cdot 10^{-3}$ max $-0.98373 \cdot 10^{-3}$ mid $-0.94057 \cdot 10^{-3}$	1062699.25611	$0.16295 \cdot 10^8$ уголок	$0.36935 \cdot 10^8$ плита
в	min $-0.19243 \cdot 10^{-1}$ max $-0.20720 \cdot 10^{-1}$ mid $-0.19982 \cdot 10^{-1}$	50045.04054	$0.20506 \cdot 10^9$ уголок	$0.39737 \cdot 10^8$ стык труб в центре

Согласно данным таблицы, обшивка в целом заметно (примерно в 20 раз) повышает жесткость конструкции в вертикальном направлении; наличие обшивки существенно снижает нагрузку на каркас; вклад боковых панелей обшивки в жесткость кожуха относительно невелик.

Далее рассмотрено нагружение горизонтальной силой $F_x = 1000$ Н. Нагрузка равномерно распределяется по 96 узлам, принадлежащим 4-м контурным линиям болтовых отверстий на верхних поверхностях массивных плит-вкладышей (см. рис.11). Ось битера удалена от верхней поверхности вкладышей на 280мм, поэтому горизонтальная нагрузка от битера на кожух имеет эксцентриситет. В связи с этим требуется дополнительное приложение к кожуху момента величиной 280 Н·м относительно оси z, параллельной оси битера. Этот момент распределяется равномерно по тем же узлам, что и сила. Найденные перемещения показаны на рис. 14 и 15.

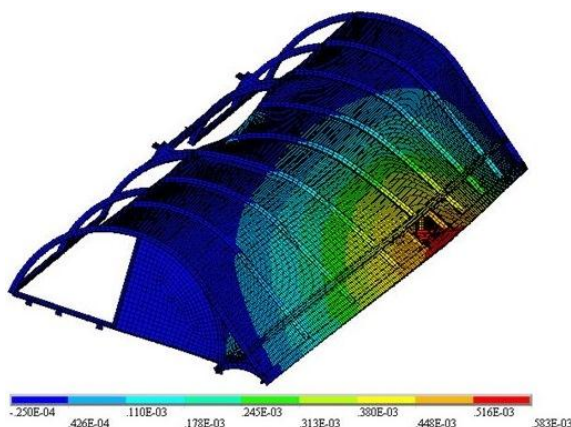


Рис. 14. Горизонтальные перемещения (м) от горизонтальной силы; кожух с обшивкой

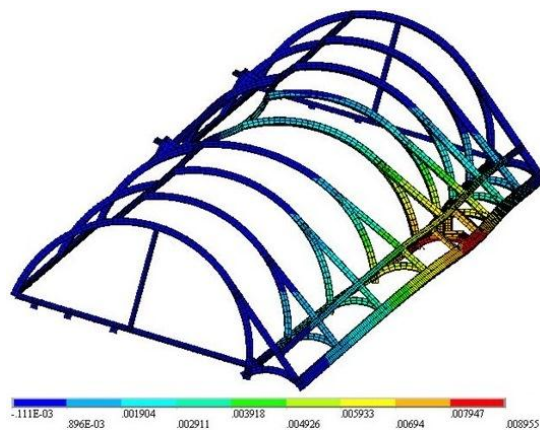


Рис. 15. Горизонтальные перемещения (м) от горизонтальной силы; кожух без обшивки

Наибольший уровень напряженного состояния фиксируется в треугольных пластинах, укрепленных на крайних шпангоутах, а при отсутствии обшивки – на стыке нижней части шпангоута с передней трубой в центральной части кожуха.

Наиболее существенные числовые данные для случая действия горизонтальной нагрузки приведены в таблице 3. Жесткость подсчитана по формуле $k_x = F_x/u_x \text{ mid}$.

Таблица 3

Кожух под действием горизонтальной силы со стороны подшипникового узла

Вариант модели	Перемещения на контурах болтовых отверстий u_x , м	Жесткость по горизонтали k_x , Н/м	Наибольшие напряжения σ_i , Па	
			в каркасе	в обшивке и плитах
а	min $0.51718 \cdot 10^{-3}$ max $0.51766 \cdot 10^{-3}$ mid $0.51742 \cdot 10^{-3}$	1932668.72077	$0.13433 \cdot 10^8$ гребень шпангоута	$0.16095 \cdot 10^8$ треугольник слева
б	min $0.52213 \cdot 10^{-3}$ max $0.52261 \cdot 10^{-3}$ mid $0.52237 \cdot 10^{-3}$	1914337.23731	$0.13509 \cdot 10^8$ гребень шпангоута	$0.16372 \cdot 10^8$ треугольник слева
в	min $0.78852 \cdot 10^{-2}$ max $0.78976 \cdot 10^{-2}$ mid $0.78914 \cdot 10^{-2}$	126726.65061	$0.10175 \cdot 10^9$ стык шпангоута с передней трубой	$0.22582 \cdot 10^8$ плита

Как следует из таблицы, обшивка заметно (примерно в 15 раз) повышает жесткость конструкции, одновременно снижая нагрузку на каркас, при этом отдельный вклад боковых панелей относительно невелик. Сопоставление полученных данных показывает, что жесткость кожуха в горизонтальном направлении почти в 2 (в 1.8) раза выше, чем в вертикальном.

В целом можно отметить, что для рассмотренных величин нагрузок наибольшие напряжения в конструкции не достигают предела текучести, составляющего 220 МПа. Полученные результаты дают необходимую информацию для теоретической оценки собственных частот (критических скоростей) модели битера, а также для принятия обоснованных конструкторских решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
2. Метод конечных элементов / под ред. П.М. Варвака. – Киев: Выща школа, 1981. – 176 с.
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. – М.; СПб.: Наука, 2000. – 622 с.

ANALYSIS OF RIGID CHARACTERISTICS OF FRAME STRUCTURES

Sukiasov Vladimir Georgievich, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the TMM and MP Department

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: vladimir.sukiasov@klgtu.ru

The problem of a theoretical study of the stress state and rigidity of the welded frame structure of the reaping aggregate top casing is considered. By means of computer-aided design and analysis, geometric modeling and a series of static calculations were executed. The design scheme parameters were selected taking into account the accuracy of the numerical solution. Quantitative estimates of the rigidity of the structure were obtained.

УДК 531.43,539.21

К ТЕПЛОВЫМ МОДЕЛЯМ ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРЕНИИ

Федоров Сергей Васильевич, д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой ТММ и ДМ

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: fedorov@klgtu.ru

Трение как конкурентный феномен рассматривается с позиций уравнения энергетического баланса. Это уравнение описывает совместную работу трущихся поверхностей. Предлагается диаграмма эволюции (приспособления) трущихся поверхностей. Рассматриваются две тепловые модели диссипации энергии в области совместимого трения. Показано, что один канал трансформации энергии – это температурный, необратимый механизм колебательного движения атомов. Второй канал трансформации энергии – безтемпературный, реализуемый колебательным, ротационным движением минимальных наноструктурных элементов контакта трения.

Введение

«Теплота – не что иное, как механическая энергия мелких частиц, и экстрадинамические законы тепла являются следствием огромного количества независимых механических систем в любом теле – числа настолько большого, что человеку с его ограниченным воображением трудно даже представить.» Джозайя Уиллард Гиббс. Статистическая механика. Википедия.

Трение – это глобальный природный феномен трансформации и рассеяния энергии внешнего относительного движения. Наиболее плодотворно описание процесса трения с позиций уравнения энергетического баланса. Экспериментально доказано, что поведение трибосистемы подчиняется уравнению баланса энергии [1-4]. Предложен критерий предельного состояния деформируемых твердых тел при объемном и поверхностном (трении) нагружении. Это критическая плотность накопленной внутренней энергии в локальном объеме, ответственном за разрушение [1].

1. Структурно-энергетическая интерпретация процесса трения

С термодинамической точки зрения [1,5] трение представляет собой конкуренцию двух одновременно протекающих, взаимосвязанных и противоположных тенденций: накопления скрытой

(потенциальной) энергии ΔU_e различного рода дефектов и повреждений структуры контактных объёмов и её высвобождения (рассеяния) Q за счёт протекания различного рода релаксационных процессов. Первая тенденция определяет эффект деформационного упрочнения и интегрально характеризует меру повреждаемости (параметр состояния); вторая тенденция определяет тепловой эффект трения и ответственна за квазивязкую составляющую процесса.

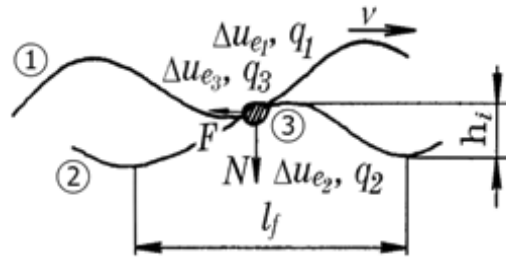


Рис.1 Условная схема элементарного контакта при трении [5].

Согласно схеме энергетического баланса (рис.2) процесса пластической деформации и разрушения [1] работу ω_f внешних сил для преодоления трения F на пути l для единицы деформируемого (контактного) объема (рис.1) можно представить следующим образом [5]:

$$\omega_f = \Delta u_e + q \quad \text{или} \quad \dot{\omega}_f = \dot{u}_e + \dot{q}. \quad (1)$$

Здесь: $\dot{\omega}_f = d\omega_f/dt$ - мощность трения (диссипации) энергии; $\dot{u}_e = du_e/dt$ - скорость накопления скрытой энергии в деформируемых (контактных) объемах; $\dot{q} = dq/dt$ - мощность теплового эффекта пластической деформации (трения).

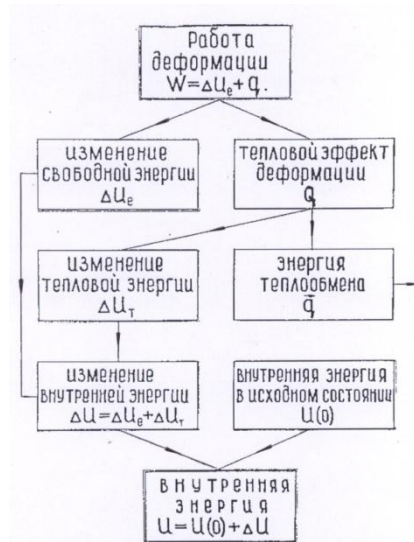


Рис. 2. Схема энергетического баланса процесса пластической деформации и разрушения [1].

Поскольку при трении деформируются контактные объемы обоих материалов, составляющих пару трения, уравнения (1) следует записать как обобщенные уравнения совместимости трущихся поверхностей [5], так как они описывают, по сути, совместную работу (деформацию) поверхностей пары трения:

$$\omega_f = \Delta u_{e1} + \Delta u_{e2} + q_1 + q_2; \quad (2)$$

$$\dot{\omega}_f = \dot{u}_{e1} + \dot{u}_{e2} + \dot{q}_1 + \dot{q}_2. \quad (3)$$

В свою очередь тепловой эффект трения q состоит из двух компонентов: тепловой составляющей внутренней энергии Δu_T и энергии теплообмена \bar{q} .

$$q = \Delta u_T + \bar{q} . \quad (4)$$

Составляющая теплового эффекта трения Δu_T - кинетическая составляющая внутренней энергии характеризует температурный эффект саморазогрева объема трения и определяет как-бы медленный канал рассеяния энергии при трении

$$\Delta u_T = \int_{\theta}^{T_f} \rho c dT . \quad (5)$$

Составляющая теплового эффекта трения \bar{q} определяет быстрый канал рассеяния энергии при трении. Эта составляющая характеризуется эффектом действия динамических диссипативных структур трения.

Плотность внутренней энергии в исходном состоянии $u(0)$ в сумме с накопленной внутренней энергией $\Delta u = \Delta u_e + \Delta u_T$ определяет плотность внутренней энергии $u = u(0) + \Delta u$, деформированного объема трения в каждый текущий рабочий момент трения и определяет состояние повреждаемости объема трения.

Сумма плотностей составляющих внутренней энергии $\Delta u = \Delta u_e + \Delta u_T$ характеризует условие энергетического подобия процессов механического и термического разрушений [1] – механически активированного (квазихрупкого - $u^* = \Delta u_e^*$; $\Delta u_T \cong 0$) либо термически активированного (квазивязкого - $u^* = \Delta u_T^*$; $\Delta u_e \cong 0$) разрушения.

Условие предельного состояния повреждаемости (локального разрушения [1]) определяется соотношением

$$u(\bar{r}_*, t_*) = u(\bar{r}_*, 0) + \int_0^{t_*} \dot{u}(\bar{r}_*, t) dt = u_* = const .$$

В наиболее общем случае уравнения энергетического баланса для трения без смазки следует представить с учетом реального (не единичного) размера трибоконтакта V_f :

$$W_f = \Delta U_e + Q = \Delta U_{e1} + \Delta U_{e2} + \Delta U_{T1} + \Delta U_{T2} + \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2, \quad (6)$$

$$\dot{W}_f = \dot{U}_e + \dot{Q} = \dot{U}_{e1} + \dot{U}_{e2} + \dot{U}_{T1} + \dot{U}_{T2} + \dot{\bar{Q}}_1 + \dot{\bar{Q}}_2, \quad (7)$$

$$F_l = \frac{\Delta U_e}{l} + \frac{Q}{l} = \frac{\Delta U_{e1} + \Delta U_{e2}}{l} + \frac{Q_1 + Q_2}{l}, \quad (8)$$

$$F_v = \frac{\dot{U}_{e1} + \dot{U}_{e2}}{v} + \frac{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2}{v} = F_{mechanical} + F_{molecular}, \quad (9)$$

$$\mu_l = \frac{\Delta U_{e1} + \Delta U_{e2}}{Nl} + \frac{Q_1 + Q_2}{Nl} = \mu_{adapt} + \mu_{dis} = \mu_{adapt} + \mu_{T(dis)} + \mu_{\bar{Q}(dis)}, \quad (10)$$

$$\mu_v = \frac{\dot{U}_{e1} + \dot{U}_{e2}}{Nv} + \frac{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2}{Nv} = \mu_{deformation} + \mu_{adhesion} . \quad (11)$$

Здесь μ - коэффициент трения; μ_{adapt} - адаптивный (Амонтона) коэффициент трения; $\mu_{T(dis)}$ и $\mu_{\bar{Q}(dis)}$ - статическая и динамическая компоненты диссипативного коэффициента трения

μ_{dis} ; $\Delta U_e = \Delta u_e \cdot V_f$, ΔU_T - потенциальная и тепловая компоненты внутренней энергии; $\dot{U}_e = \dot{u}_e \cdot V_f$, ΔU_T - скорости изменения потенциальной и тепловой составляющих внутренней энергии; $Q = \Delta U_T + \bar{Q}$, $\dot{Q} = \dot{U}_T + \dot{\bar{Q}}$ - тепловой эффект трения и его мощность; \bar{Q} , $\dot{\bar{Q}}$ - тепловой эффект динамической диссипации и его мощность; V_f - объем трения; N - нормальная нагрузка; l - путь трения. Плотность внутренней скрытой энергии Δu_e [1] является интегральным параметром трибосостояния и повреждаемости (разрушения (Δu_e^*) [5]). В соотношениях (6)-(9) индексами обозначены параметры трения на пути трения l и в единицу времени v .

Соотношения между составляющими энергетического баланса (1)-(9) процесса трения Δu_{e1} и Δu_{e2} , Δu_{T1} и Δu_{T2} , а также \bar{q}_1 и \bar{q}_2 изменяются в широких пределах и определяются физико-химическими свойствами материалов, составляющих пару трения, их структурой и условиями процесса трения. Подобное многообразие частных соотношений между составляющими энергетического баланса процесса трения и определяет собственно все многообразие частных (граничных) проявлений процесса трения и износа [1,5].

Для частного случая локализации трения в объеме «третьего тела» (область совместимости (рис.1)) уравнения (6) и (7) преобразуются к виду

$$W_T = \Delta U_{e3} + Q_3; \quad (12)$$

$$\dot{W}_T = \dot{U}_{e3} + \dot{Q}_3. \quad (13)$$

Данная запись уравнений энергетического баланса энергии при трении не противоречит рассуждениям, приведенным выше, дополняет их и обладает более широкой физической обоснованностью. Здесь индексами 3 обозначены составляющие энергетического баланса, аналогичные обозначениям соотношений (6) и (7), для случая трения в объеме «третьего тела» (вторичных структур).

2. Энергетическая интерпретация коэффициента трения

Для условий, характеризующих малыми скоростями скольжения и незначительным тепловым эффектом трения ($Q \cong 0$) уравнение энергетического баланса трения (8) представляет коэффициент трения Амонтона в обобщенном виде как [5]:

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{\Delta U_e}{Nl}; \quad F = \frac{\Delta U_e}{l}; \quad Q \cong 0. \quad (14)$$

Следовательно, коэффициент трения Леонардо да Винчи (Амонтона) имеет глубокий физический смысл. С одной стороны, это параметр, характеризующий обобщенно сопротивление относительно перемещению (движению) поверхностей, ибо он отражает долю энергии, которая «уничтожается» трением в виде запасенной скрытой энергии ΔU_e . С другой стороны, это обобщенная характеристика повреждаемости при трении. Коэффициент трения определяется плотностью скрытой энергии Δu_e , которая характеризует меру дефектности структуры и являющейся обобщенным параметром повреждаемости [1]. Коэффициент трения также отражает обобщенно структурное совершенство (несовершенство) деформируемого контактного объема [5], так как параметр Δu_e (ΔU_e) определяется энергией различного рода дефектов и повреждений, накапливаемых в пластически деформируемых объемах тела, и в соответствии с основным выводом термодинамической теории прочности [1] является истинной характеристикой структуры (структурный параметр).

Рассматривая закономерности изменения коэффициента трения (накопленной скрытой энергии), возможно, анализировать закономерности эволюции трибосистемы (деформируемого контакта трения).

3. Закономерности эволюции трибосистемы

Эволюция трибосистемы [5], представленная в виде диаграммы (рис.3), имеет адаптивно-диссипативный характер (1)-(14) и отражает конкурентную природу трения.

Эволюционная кривая трения имеет ряд принципиальных точек (1,2,3,4,5) переходных состояний трибосистемы, которые строго подчинены балансовому принципу трения; между этими точками существуют характерные области поведения трибосистемы, отражающие общие свойства её нелинейной динамики.

Так, можно видеть следующие условно обозначенные точки и этапы: 0-1- участок статического трения и деформационного упрочнения; 1 - точка предельного деформационного упрочнения; 1-2 - участок накачки избыточной энергии; 2 - точка схватывания и перехода внешнего трения во внутреннее (критической неустойчивости); 2-3 - участок образования диссипативных структур (формирование тепловой флуктуации в объеме трения); 3 - точка минимальной совместимости (максимальной фрикционности); 1-2-3 - область самоорганизации; 3 - 4¹ - участок совместимости; 4 - точка безызносности (аномально-низкого трения); 5 - точка термического схватывания.



Рис. 3 Структурно-энергетическая диаграмма эволюции трущихся поверхностей [5]. Обозначение на осях: N, v - нагрузка и скорость. $\mu_{ст}, \mu_{дин}, \mu_{упр}, \mu_{пл}$ - статический, динамический, упругий, пластический коэффициенты трения; T_f, T_S - температура вспышки в контактном объеме трения в точке 3 и температура плавления.

Идеальная эволюция трибосистемы симметрична. Процесс начинается и заканчивается в областях упругого поведения. Между ними существует пластический максимум трения (сильно-возбуждённое состояние) как условие самоорганизации и приспособления;

В наиболее общем случае закономерности эволюции (адаптации) трибосистем можно представить в виде двух этапов (рис.3). Первый (0-2) - этап возрастания плотности скрытой энергии Δu_e до предельной величины Δu_e^* в некотором критическом объеме трения V_f^* . Второй (2-4) – этап структурного распада (трансформации) критического объема трения (элементарной трибосистемы) V_f^* на адаптивный V_{adapt} и диссипативный V_{dis} объемы. В пределе (точка 4) этот этап характеризуется полным превращением адаптивного критического объема V_{adapt}^* в объем диссипативный V_{dis}^* .

Обозначенные выше объемы характеризуют различные закономерности преобразования энергии внешнего механического движения при трении [5]. Адаптивный объем V_{adapt} связан с не-

обратимым поглощением энергии деформации. В этом объеме происходит накопление скрытой энергии деформации Δu_e и зарождаются очаги разрушения. Диссипативный объем V_{dis} способен обратимо трансформировать (рассеивать) энергию внешнего движения. В нем не происходит накопления скрытой энергии деформации за счет протекания обратимой упруго-вязкопластической деформации.

Предложенные теоретические и расчетные оценки [5] показали, что диссипативный объем трения осуществляет обратимую упругую трансформацию энергии внешнего механического движения с плотностью \bar{q}^* , равной критической плотности скрытой энергии u_e^* .

Кульминацией эволюции трибосистемы является её конечное и предельное состояние точки 4 – состояние аномально-низкого трения и безызносности (максимальной работоспособности).

Показано [5], что размер минимального адаптивного объема трения V_{adapt}^{min} , соответствующий нулевому значению пластической компоненты трения $\mu_{adapt}^{min} = \mu_{elast}$ (рис. 3), не равен нулю, а равен размеру некоего минимального структурного элемента деформируемого твердого тела - механическому (нано) кванту.

Представляет научный интерес анализ этого минимального структурного устройства при тепловой диссипации накопленной энергии трения.

4. Два канала тепловой диссипации энергии при трении

Энергетическая интерпретация коэффициента трения $\mu = \dot{U}_e / Nv$ показывает, что на диаграмме эволюции трущихся поверхностей (рис.3) существуют две принципиальные области трения: область приработки поверхностей (контактов) – (0 – точка 3) и область совместимости трущихся поверхностей (точка 3 – точка 4). Именно в области т.3 – т.4 закономерности изменения коэффициента трения одинаковы от главных эксплуатационных параметров: нагрузки N и скорости скольжения v . Это область работы трибосистемы. До этой области, а именно в области 0 – т.3 трибосистемы не существует. Контакт трения становится трибосистемой (элементарной), когда он начинает обладать способностью, не только накапливать энергию, но и рассеивать ее во время акта накопления (рис. 4).

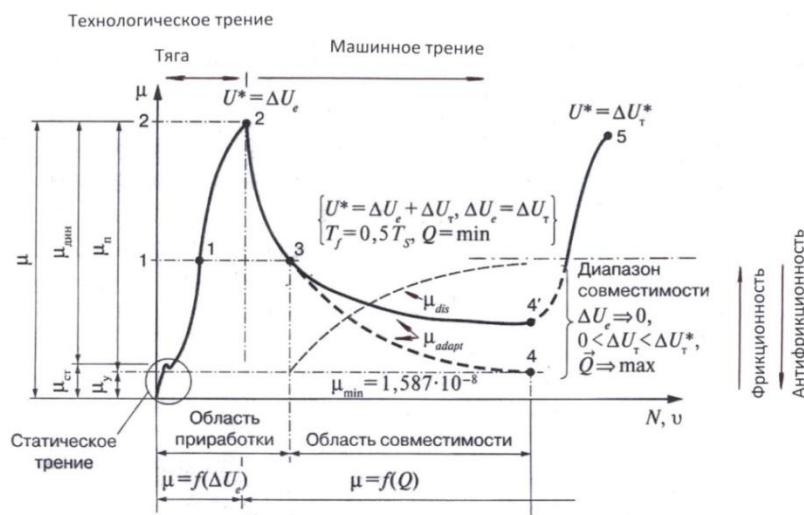


Рис. 4. Формализация областей технологического трения (тяги) и машинного трения [6].

Собственно, область приработки (0 – т.3) имеет две подобласти технологического трения: 0 – т.1 - микрорезание (абразия), тяга и т.1 – т.3 - критическое трение (сварка) – схватывание.

В подобласти 0 – т.1 рассеяния энергии трения нет. Этот процесс имеет место уже после разрушения поверхностей трения (контактов). А именно, в отделенной частице износа. Поэтому части-

цы износа абразии нагреваются и светятся (точильный круг). В подобласти т.1. – т.3 – состояние недопустимого машинного трения – это подобласть технологического трения – сварки трением.

Соответственно анализ закономерностей рассеяния энергии при трении наиболее целесообразен для области т.3 – т.4, где имеет место машинное трение – работает именно трибосистема и реализуется схема нормального, механо-химического износа.

В этой области закономерности рассеяния энергии можно условно разделить на статическое (медленное) и динамическое (быстрое) рассеяние. В соответствии с уравнением баланса энергии при трении (1)-(13) тепловой эффект трения $Q = \Delta U_T + \bar{Q}$ характеризуется двумя возможными компонентами и следовательно проявлениями. Эти два вида рассеяния энергии различаются физической природой протекания теплового эффекта трения.

Первая компонента теплового эффекта трения – кинетическая составляющая внутренней энергии ΔU_T и температурное проявление теплового эффекта – саморазогрев контакта трения. Это статическая, медленная компонента рассеяния энергии машинного трения.

Вторая компонента теплового эффекта трения – это составляющая \bar{Q} теплового эффекта трения, которая связана с действием динамических диссипативных структур трения. Это динамическая, быстрая компонента рассеяния энергии машинного трения.

Механизмы медленного и быстрого рассеяния энергии машинного трения различны [5]. Медленный канал рассеяния энергии обусловлен колебательными движениями атомов кристаллической решетки. Чем выше интенсивность колебаний атомов кристаллической решетки вплоть до максимальной амплитуды, тем выше температура контакта вплоть до температуры плавления. Этот температурный канал рассеяния энергии перпендикулярен поверхности трения (рис. 5).

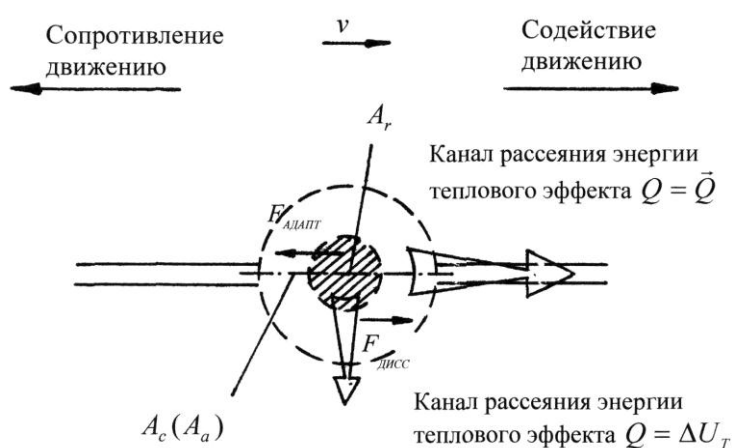


Рис. 5. Условная схема двух каналов диссипации энергии теплового эффекта трения $Q = \Delta U_T + \bar{Q}$ и дуализм влияния на трение адаптивного и диссипативного объемов совместимого трения.

Быстрый канал рассеяния энергии обусловлен колебаниями механических (нано) квантов по модели возвратно-колебательного их движения [5,7-10]. Внутри механических квантов (теоретических кристаллов) имеют место нулевые колебания атомов – идеальное равновесие. Сами же кванты имеют максимальную амплитуду возвратно-вращательных колебаний. Чем более полно по объему контакта трения распределены диссипативные структуры, тем выше интенсивность динамического, быстрого рассеяния энергии совместимого трения. Рассеяние накопленной энергии здесь осуществляется за счет идеально упругого взаимодействия между механическими квантами в направлении скольжения, т.е. вдоль поверхности трения (рис. 5). Это модель структурного рассеяния – рассеяния накопленной энергии на вновь образованные структуры – механические кванты.

С другой стороны, здесь, возможно говорить об увеличении интенсивности разворотов ротационных мод пластической деформации, уменьшении размеров ротационных мод вплоть до наноквантовых, и конечно, увеличении амплитуды разворотов ротаций вплоть до максимальной.

Анализируя диаграмму эволюции трущихся поверхностей (контакта) точку 3 области совместимости следует рассматривать как начальную точку эволюции элементарной трибосистемы (критического объема трения) и эволюции закономерностей рассеяния энергии трения.

В точке 3 ($\mu = 1,0$) образовалась элементарная трибосистема как статический (медленный) колебательный контур совместимого трения (рис. 3,4). Объем элементарной трибосистемы V_f^* обладает предельной плотностью внутренней энергии Δu^* , которая разделена условно на равные составляющие $\Delta u_e = \Delta u_T$. Здесь потенциальная составляющая внутренней энергии Δu_e способна превращаться в кинетическую составляющую Δu_T , а последняя способна рассеиваться перпендикулярно поверхности трения за счет температурного механизма. Для этого только нужно время. Средняя температура объема трения V_f^* равна $0,5T_S$ ($\Delta u_T = 0,5\Delta u^* = \rho c_p 0,5dT_S$).

Критический объем трения V_f^* , содержащий предельную плотность энергии двух видов Δu_e и Δu_T , представляет собой адаптивный объем совместимого трения $V_{adapt}^* = V_f^*$. Этот объем ответственен за сопротивление перемещению Δu_e и разрушение Δu^* .

Число возбужденных атомов объема в этом объеме $V_{adapt}^* = V_f^*$ равно числу атомов этого объема. Температурная, локальная вспышка внутри этого объема равна температуре плавления T_S . Средняя температура за цикл колебаний адаптивного контура равна $0,5T_S$. Коэффициент трения μ для данного состояния (рис. 3,4) равен единице.

При дальнейшей эволюции элементарной трибосистемы к адаптивному объему V_{adapt} начинает добавляться диссипативный объем V_{diss} , уменьшая первый в размере $V_{adapt} + V_{diss} = V_f^*$. В точке же 3 диссипативный объем трения равен нулю - $V_{diss} = 0$.

Плотность энергии \bar{q}^* в диссипативном объеме трения V_{diss} равна критической плотности внутренней энергии Δu^* адаптивного объема. Энергия \bar{q}^* - это упругая, рассеянная на структурные элементы, энергия ротационных мод кристаллической решетки (в пределе, при идеальной степени эволюции контакта трения, энергия ротаций совокупности механических квантов). Эта энергия имеет свойство обратимо возвращаться энергии внешнего относительного механического движения, поддерживая его (движение) на внутреннем уровне диссипативного объема трения.

Рассмотрим точку $\mu = 0,5$ области совместимости на диаграмме трущихся поверхностей (рис. 3,4), где пересекаются кривые адаптивного μ_{adapt} и диссипативного μ_{diss} коэффициентов трения. Здесь адаптивный объем совместимого трения понижается в два раза - $V_{adapt} = 0,5 \cdot V_f^*$. Соответственно увеличивается диссипативный объем трения до величины $V_{diss} = 0,5 \cdot V_f^*$. К статическому колебательному контуру V_{adapt} , при трансформационном распаде предельного энергетического состояния точки 2, добавляется динамический (быстрый) колебательный контур V_{diss} . В диссипативном объеме совместимого трения температура равна температуре абсолютного нуля (атомы имеют нулевые колебания, следовательно, они не возбуждены). В адаптивном объеме трения температура вспышки - T_S и средняя температура по адаптивному объему - $0,5T_S$ по прежнему, остаются постоянными. Теперь число возбужденных атомов в критическом объеме трения V_f^* (элементарной трибосистеме) в два раза меньше чем в состоянии точки 3 при $\mu = 1,0$. По отношению ко всему объему трения V_f^* температуры T_S и $0,5T_S$ падают в два раза и становятся соответственно - температура вспышки $0,5T_S$, а средняя по адаптивному объему $0,25T_S$.

В итоге, в области совместимого трения, при $\mu = 0,5$, существует состояние равновесия двух объемов трения – адаптивного V_{adapt} и диссипативного V_{diss} . По существу, это равенство двух

энергетических состояний – возбужденного и невозбужденного. В одном состоянии есть температура вспышки $0,5T_G$, а в другом, практически температура абсолютного нуля $0K$.

Таким образом, после уровня совместимого трения, при $\mu = 0,5$ и затем ниже $\mu \leq 0,5$ мы имеем преобладание действия диссипативного объема трения с характерной температурой абсолютного нуля. Собственно, состояние совместимого трения, при $\mu = 0,5$ - это состояние перехода от преобладания одного теплового механизма рассеяния энергии к преобладанию другого механизма теплового рассеяния энергии.

Соответственно, существуют два механизма (канала) теплопередачи при совместимом трении: один – температурный, а второй безтемпературный.

Температурный механизм (канал) рассеяния энергии трения – это атомарный механизм колебаний с характерным параметром $Q = \Delta U_T$.

Безтемпературный механизм (канал) рассеяния энергии трения – это наноквантовый механизм колебаний с характерным параметром $Q = \bar{Q}$.

Первый механизм передает тепло (движение) за счет колебаний атомов адаптивного объема совместимого трения в тепловую энергию хаотического движения соседних, по перпендикуляру к поверхности трения, атомов. Эта энергия необратимых, неупорядоченных движений по отношению к энергии внешнего относительного (упорядоченного) движения поверхностей. Часть энергии выносятся в окружающую среду в виде частиц износа.

Второй механизм передает тепло (движение), рассеянное в виде упругой энергии на вновь образованные диссипативные (ротационные) структуры, за счет ротационных колебаний механических (нано) квантов диссипативного объема совместимого трения в энергию упорядоченного движения (сдвига) внутри диссипативного объема трения. Это энергия обратимо возвращается внешнему относительному движению, поддерживая его на внутреннем, упорядоченном, нано-квантовом уровне [5, 7-10].

Заключение

Дж. Гиббс (см. выше) трактует тепло как механическую энергию мелких частиц, т.е. как следствие работы независимых механических систем твердого тела.

Как показано выше при эволюции контакта он (контакт) трансформирует к наименьшему объему, поглотившему (накопившему) предельное количество упругой энергии дефектов и повреждений структуры и который далее преобразуется в точке 3 в элементарную трибосистему – самостоятельный, равновесный колебательный контур – осциллятор - $\Delta U_e \Rightarrow \Delta U_T$. Это независимая механическая система. Поверхность в точке 3 и далее (рис. 3,4) состоит из таких механических систем – равновесных объемов трения, адекватных понятию о равновесной шероховатости [11]. Соответственно этот колебательный контур, работая, производит тепло – возбуждает колебания атомов объема контура (элементарной трибосистемы). Это эффект саморазогрева контакта трения (элементарной трибосистемы) и температурный механизм медленной тепловой модели рассеяния энергии при трении.

Здесь необходимо напомнить [9], что элементарную трибосистему (критический объем трения) следует рассматривать как аналог материальной точки механики, что сама по себе уже есть независимая самостоятельная механическая система.

С другой стороны, эволюция, развивая работоспособность (износостойкость) элементарной системы трения (критического объема трения), устремляет ее к дальнейшей модернизации. Внутри элементарной трибосистемы формируются новые самоорганизованные структурные элементы – самостоятельные частицы материального твердого тела – элементарные трибоподсистемы. Это механические (нано) кванты [7-10,12]. Данные механические кванты также являются собой осцилляторы – колебательные контуры.

Упругая (потенциальная энергия) ΔU_e^* , «рассеянная» на эти механические кванты [12] при энергетической трансформации объема трения от точки 2 способна совершать работу их проворотов относительно друг друга, превращаясь в кинетическую энергию \bar{Q}^* . В итоге имеем сдвиг (движение) внутри диссипативной структуры трения с минимальным коэффициентом трения.

Таким образом, понятие теплового эффекта, как общее следствие работы деформации, согласно исходной схемы (рис.2) энергетического баланса процесса пластической деформации, включает в себя две компоненты – кинетическую составляющую внутренней энергии ΔU_T - энергию статической диссипации энергии (атомный механизм) и энергию теплообмена \bar{Q} , которая есть энергия динамической (быстрой) диссипации по механизму осцилляции механических квантов [1]. Такая трактовка теплового эффекта трения совпадает с физической моделью Дж. Гиббса о теплоте как механической энергии мелких частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фёдоров В.В. Термодинамические аспекты прочности и разрушения твёрдых тел. - Ташкент: Изд-во Фан, 1979. -186 с.
2. Костецкий Б.И., Линник Ю.А. Исследование энергетического баланса при внешнем трении металлов. - Машиноведение, 1968.- №5.
3. Fleischer G. 1. Die Tross'schen Erkenntnisse aus heutigen Sicht, Arnold-Tross-Kolloquium 2005, 215-242, Hamburg, am 10. Juni, 2005.
4. Sadowski J., Sarnowicz L. Beitrag zu kalorimetrischen Reibungswarmemessung. Tribologie + Schmierungstechnik. 66.1(2019) 34-41.
5. Фёдоров С.В. Основы трибозергодинамики и физико-химические предпосылки теории совместимости. – Калининград: КГТУ, 2003. – 415 с.
6. Fedorov S.V. Reflections about elementary tribosystem. Proceedings of 10th International Scientific Conference BALTRIB 2019, Vytautas Magnus University, Agriculture AcademyKaunas; Lithuania; 14 November 2019 до 16 November 2019; Код 159364, Pages 187-193.
7. Fedorov S.V. The Mechanical Quantum of Dissipative Friction Structures is the Elementary Tribonanostructure/ Proceedings of World Tribology Congress 2009 (6-11 September 2009): Japanese Society of Tribologists.- Kyoto, Japan.p. 926.
8. Fedorov S., Assenova. Synergy and Self-organization in Tribosystem's Evolution. Energy Model of Friction. 9th International Conference on Tribology (Balkantrib'17) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 295 (2018) 012028 doi:10.1088/1757-899X/295/1/012028
9. Fedorov S. Selforganized nano-quantum solid lubricant. Tribologie + Schmierungstechnik. 63,3 (2016) 5–13.
10. Fedorov S.V. Friction energy balance regularities and tribology's nano-structural standard. CO-MADEM. International Journal of Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management. Vol. 23, №1, January 2020, pp. 13-30. ISSN 1363-7681
11. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Изд-во Машиностроение, 1977. - 526 с.
12. Федоров С.В. Оценка энергетического потенциала механического (нано) кванта трения. Вестник науки и образования Северо-Запада России. Т.2. №1. 2016. С. 1-14. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/01/2016-№1-Федоров.pdf>.

TO THERMAL MODELS OF ENERGY DISSIPATION UNDER FRICTION

Fedorov Sergey Vasil'yevich, Dr. of Science, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: fedorov@klgtu.ru

Friction as a competitive phenomenon is considered from the standpoint of the energy balance equation. This equation describes the joint (compatible) operation of rubbing surfaces. A diagram of the evolution (adaptation) of rubbing surfaces is proposed. Two thermal models of energy dissipation in the area of compatible friction are considered. It is shown that one channel of energy transformation is a temperature, irreversible mechanism of vibrational motion of atoms. The second channel of energy transformation is a temperature-free channel implemented by the oscillatory, rotational movement of minimal nanostructured friction contact elements.

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ, ОБЩЕМ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ»

VI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "INNOVATIONS IN VOCATIONAL, GENERAL AND FURTHER EDUCATION"

УДК 371.3

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аксютин Павел Александрович, ассистент кафедры информационных технологий и электронного обучения

Гончарова Светлана Викторовна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий и электронного обучения

Ильина Татьяна Сергеевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий и электронного обучения

ФГБОУ ВО Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: pavel.aks@gmail.com; svetgonch@gmail.com;
iltatser@gmail.com

В статье рассматриваются особенности преподавания дисциплины «Инфокоммуникационные технологии» студентам педагогического образования с использованием электронного обучения. Авторы отмечают проблемы, которые возникают у преподавателей и студентов и пути их решения. Особое внимание уделяется возможностям использования электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в образовательном процессе.

Внедрение цифровых технологий в повседневную жизнь и институализация термина E-Learning (электронное обучение) ставят перед преподавателем новые задачи. Эффективное решение большинства организационных, методических, дидактических задач в современном образовательном процессе возможно с использованием информационных технологий.

Инструменты E-Learning (электронного обучения) широко применяются для решения образовательных задач во всех ситуациях, критичных к эффективности и стандартизуемости учебного процесса. Создаваемые электронные учебные курсы проектируются и реализуются с технологичностью программированного обучения. Информатизация образования требует постоянного повышения квалификации преподавателей в области цифровых технологий. Актуальны стали решения E-Learning, синтезирующие в образовательном процессе дистанционные образовательные технологии, мобильные технологии, инфокоммуникационные технологии [1,2].

Информатизация образования требует от работников постоянной синхронизации уровня ИКТ-компетентности с современными реалиями. С одной стороны, применяются инструменты, использование которых обязательно и зафиксировано в должностной инструкции учителя/преподавателя. Например, электронный журнал, система электронного документооборота. С другой стороны, инструменты, которые преподаватель/учитель использует в своей деятельности традиционно ранее (например, программы Power Point, Word). Поэтому преподавание дисциплины «Инфокоммуникационные технологии» для студентов педагогического направления актуально и важно.

Преподавание данной дисциплины имеет ряд особенностей. Во-первых, инфокоммуникационные технологии – это быстро меняющаяся и постоянно развивающаяся сфера. Нет другой такой дисциплины, в которой контент может меняться практически каждый семестр. Следовательно, преподаватели должны уметь быстро ориентироваться в изменяющихся условиях и корректировать как образовательный контент, так и свой уровень владения ИКТ-компетенциями. Серьезным вызовом следует считать, если у преподавателя данной дисциплины отсутствует профессиональная мотивированность к изучению инновационных инструментов и наблюдается стремление избежать инициативы. Решение этой задачи может быть в оперативном “подтягивании” сотрудников учреждения, педагогов до уровня, необходимого для освоения инновационных инструментов/методик. Распространенной формой ее решения является организация корпоративных курсов, методических семинаров в рамках которых обучение проходит коллектив образовательного учреждения.

Еще одна особенность – выбор среды взаимодействия с обучающимися. Это должна быть современная, достаточно гибкая, легко изменяемая среда, позволяющая работать с разнообразными форматами, которая позволяет опубликовывать контент достаточно большого объема. Мы говорим об ИКТ-среде с частичным задействованием ДОТ (дистанционных образовательных технологий). ИКТ-среда обеспечивается компьютерным классом и установленным на нем программным обеспечением. Одной из типичных проблем, возникающих при обучении ИКТ, является выбор платформы, на которой происходит обучение, так как неизвестно, в какой среде предстоит работать бедующему учителю/преподавателю после окончания вуза [4].

С течением времени вариантов платформ и интерфейсов становится все больше; попытки работать одновременно с несколькими платформами часто чреваты путаницей. Это, прежде всего, связано с внедрением пакетов свободного программного обеспечения. Естественным решением является подбор кроссплатформенных программ - программ, одинаково работающих и выглядящих на разных платформах.

Веб (World Wide Web) является примером унифицированного интерфейса доступа к глобальным интернет-ресурсам, в основе которого лежит концепция гиперссылки. Большинство ресурсов, представляющих интерес, размещено в глобальном Интернете, а любая современная технология дистанционного обучения имеет в своей основе веб-базированную систему, будь то Moodle или, например, EdX.

В связи с этим следует заключить, что важнейшим этапом при подготовке к проведению дисциплины «Инфокоммуникационные технологии» стало создание сайта, который легко обновляется и допускает интерактивность (например, взаимодействие со слушателями в форме чата или форума). Сайт должен содержать информацию о преподавателе, его контактные данные, информацию о программе дисциплины, тематическое планирование, глобальное и конкретное целеполагание, ссылки на загружаемые материалы (инструкции, пособия, задачи), ссылки на дополнительные источники в Интернете, интерактивные инструменты, образовательный контент, который включает видеолекции, материалы практических занятий, а так же задания для самостоятельной работы студентов и методические материалы к этим заданиям [5,6, 8].

Как показывает опыт, оптимальной по сочетанию «скорость/сложность/функциональность» является технология Google-сайтов. Их легко администрировать, в том числе коллективу преподавателей с разделенным доступом. Перед проведением занятий осуществляется анкетирование студентов в электронной форме (используется технология Google Forms), целью которого является найти общий минимум наличного опыта в области ИКТ и базировать на нем работу в ИКТ-среде.

Рассмотрим ряд возможностей использования технологий электронного обучения в преподавании дисциплины «Инфокоммуникационные технологии». Во-первых, использование дидактических возможностей технологий электронного обучения. Для представления учебной информации (в текстовом, графическом, звуковом, видео-, анимационном формате) можно использовать различные облачные сервисы, в том числе google, которые предлагают широкие возможности по созданию презентаций, использования технологии совместной обработки документов, обработки данных средствами таблиц, создание интерактивных форм, создания и обработки графики. Для представления образовательного контента также можно использовать уже имеющиеся ресурсы свободного распространения. Кроме того, преподаватель может самостоятельно создать видеоролик. С этой целью можно использовать программы Camtasia Studio, Jing, Webineria и другие.

Одной из доступных и наглядных форм подачи - восприятия информации на занятиях с элементами электронного обучения являются скринкасты [3,9]. Скринкаст (от англ. screen cast - "трансляция экрана") – передача или демонстрация происходящего на экране компьютера (рабочем столе или его области). Назначение скринкаста заключается не только в том, чтобы донести информацию до пользователя, но сделать это наиболее доступно и наглядно. Опыт преподавания дисциплины показывает, что для студентов такая форма подачи материала является наиболее востребованной. Особенно при выполнении заданий для самостоятельной работы. В качестве методической поддержки преподаватели записывают именно скринкасты.

При записи скринкастов необходимо учитывать следующие особенности: наиболее востребованы скринкасты, продолжительностью 2-3 минуты; содержащие четкий алгоритм действий; для установления зрительного контакта с преподавателем желательно присутствие в кадре человека (хотя бы в начале ролика); для реализации инклюзива очень важно наличие субтитров в ролике; если длительность ролика 3 минуты, то желательно чтобы он содержал оглавление, которое дает возможность перемещаться на нужный раздел ролика по гиперссылкам. Средствами скринкастинга можно создать обучающий ролик, пошаговую инструкцию к лабораторной работе, часть видеоурока и т.д.

Во-вторых – важен способ передачи учебной информации (или способ доставки образовательного контента). Развитие средств хранения и передачи данных приводит нас к пониманию того факта, что жесткие диски компьютера уже не могут рассматриваться в качестве основного хранилища данных. Пользователь должен иметь доступ к данным в любое время и в любом месте, используя любые гаджеты. При этом встает необходимость одновременного, совместного использования той или иной информации несколькими пользователями. Потому при изучении дисциплины «Инфокоммуникационные технологии» используются облачные технологии, в том числе – облачные хранилища. Примерами таких хранилищ могут являться Google Drive, ЯндексДиск, OneDrive, iCloud. Хранилища, как правило, имеют не только функцию хранения информации различного объема и формата, но и предоставляют свои сервисы для работы. Например, облачный офис. Здесь можно говорить и о мобильных сервисах и технологиях.

В-третьих, организация учебного процесса может проходить с использованием, в том числе, дистанционных образовательных технологий. Вебинары являются удобной формой подачи теоретического материала, которые можно использовать и в онлайн режиме, и в режиме отложенного времени. Сейчас это популярная и востребованная форма подачи образовательного контента. Наряду с лекционной формой представления материала, в нем сочетается интерактив, что делает вебинар более привлекательным для включения в образовательный процесс. В настоящее время организацию вебинаров предлагает множество сервисов, например, Zoom, Webinar, Pruffme и другие.

Широко применяются системы управления обучением или виртуальные обучающие среды. Примерами могут служить Moodle, Blackboard, Google Класс, Edx. Данные системы удобно использовать как для аудиторной работы, так и в качестве поддержки самостоятельной работы студентов.

В-четвертых, важна регулярная актуализация знаний. Необходимость постоянного обновления знаний и практических навыков объясняется интенсивностью развития соответствующих программных средств. Актуализация знаний приводит к их систематизации. Для закрепления теоретических знаний, как правило, используют технологии тестирования. Тесты могут проводиться очно или дистанционно, при этом в них могут использоваться самые разнообразные тестовые задания: с выбором одного правильного ответа из списка; с выбором нескольких правильных ответов из списка; выбор из выпадающего списка; оценка по шкале; установление соответствия, и т.п. Удобно использовать инструменты создания онлайн-тестов, например, Google формы. Существует бесплатный интернет сервис Мастер-Тест, который ориентирован на педагогов. Кроме того, можно использовать бесплатные программы для создания тестов, такие как Indigo, MyTestXPro.

Использование электронного обучения в преподавании дисциплины «Инфокоммуникационные технологии» бакалаврам педагогического направления подготовки позволяет не просто доставлять студентам актуальную, современную информацию и образовательный контент, но и научить их осуществлять процесс обучения с применением элементов электронного обучения в будущей профессиональной деятельности учителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vlasova E.Z., Goncharova S.V., Barakhsanov V.P., Ivanova E.A., Karpova N.A., Pijina T.S., Sysoeva A.S. DIGITAL TRANSFORMATION OF THE PEDAGOGICAL EDUCATION IN THE RUSSIAN FEDERATION// Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2019. T. 7. № S10. С. 52.
2. Аксютин П.А., Гончарова С.В., Ильина Т.С. Интеллектуальные технологии в электронном обучении// В сборнике: Информатизация образования и методика электронного обучения Материалы III Международной научной конференции. В двух частях. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. 2019. С. 31-33.
3. Аксютин П.А., Гончарова С.В., Карпова Н.А. Решение профессиональных задач учителя средствами веб-сервисов // Современное образование: традиции и инновации. 2019. № 1. С. 23-25.
4. Гончарова С.В. Возможности использования технологий электронного обучения в преподавании дисциплины «Информационные технологии в менеджменте»// Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. 2017. № 2 (40). С. 74-77.
5. Гончарова С.В., Аксютин П.А. Мобильное обучение как компонент ИКТ-компетенции будущего педагога // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. 2020. № 1 (51). С. 107-111.
6. Власова Е.З., Гончарова С.В., Государев И.Б., Лукнова В.А. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в педагогическом образовании: Учебное пособие / Санкт-Петербург, 2019.
7. Карпова Н.А., Гончарова С.В. Информационные технологии в реализации модели смешанного обучения // Современное образование: традиции и инновации. 2016. № 3. С. 32-37.
8. Аксютин П.А. Опыт построения среды электронного обучения и ее использование для преподавания дисциплины "Информационные технологии" // В сборнике: Электронное обучение в ВУЗе и в школе. Материалы сетевой международной научно-практической конференции. 2014. С. 28-31.
9. Аксютин П.А., Гончарова С.В., Ильина Т.С. Адаптивные скринкасты как ведущая технология электронного обучения // Современное образование: традиции и инновации. 2017. № 1. С.156-159

TEACHING METHODS FOR BACHELORS OF PEDAGOGICAL EDUCATION DISCIPLINE "INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES" USING ELECTRONIC LEARNING

Aksyutin Pavel Alexandrovich, Assistant of the Department of Information Technologies and Electronic Learning

Goncharova Svetlana Viktorovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Electronic Learning

Piyina Tatiana Sergeevna, Senior Lecturer, Department of Information Technologies and Electronic Learning

FGBOU VO Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen,
St. Petersburg, Russia, e-mail: pavel.aks@gmail.com; svetgonch@gmail.com;
iltatser@gmail.com

The article discusses the features of teaching the discipline "Infocommunication Technologies" to students of teacher education using e-learning. The authors note the problems faced by teachers and students and ways to solve them. Particular attention is paid to the possibilities of using e-learning, distance learning technologies in the educational process.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Бычкова Ольга Серафимовна, канд. пед. наук, доцент,
заместитель директора Института профессиональной педагогики
Бокарев Михаил Юрьевич, д-р пед. наук, профессор, директор Института
профессиональной педагогики

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ»,
Калининград, Россия, e-mail: olga3065@mail.ru; _ipp_bga_rf@mail.ru

Рассматриваются модели организации образовательной деятельности, определены принципы дистанционного электронного обучения, выявлены особенности реализации программ с использованием электронного обучения в дополнительном профессиональном образовании.

Система образования Российской Федерации находится в состоянии непрерывного развития, традиционно на переднем фланге дополнительное профессиональное образование (ДПО). Современную ситуацию можно охарактеризовать как время вынужденного перехода на дистанционное обучение.

Для ДПО реализация программ с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий – это практически норма.

Под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников.

Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Для реализации образовательной деятельности в режиме он-лайн качественно, важны следующие теоретические аспекты:

- выявление факторов - социальные, институциональные, административные, определяющие готовность организации к переходу на он-лайн обучение;
- определение внутренних и внешних ресурсов для он-лайн обучения, достаточность уровня развития IT-инфраструктуры для технической поддержки изменений;
- владение сотрудниками и преподавателями необходимыми компетенциями для осуществления поставленных задач;

В условиях электронного обучения должна измениться локальная нормативная база реализации дополнительных профессиональных программ в частности(ДПП).

Существуют специфические принципы дистанционного электронного обучения. Эти принципы не претендуют на абсолютную законченность, напротив, они предполагают дальнейшее развитие методологии дистанционного обучения:

1. Принцип стартовых знаний

Начальный уровень подготовки потенциальных потребителей образовательных услуг при дистанционном обучении и аппаратно-техническое обеспечение.

2. Принцип интерактивности

Особенность в том, что он отражает закономерность не только контактов, обучающихся с преподавателями, но и обучающихся между собой. В процессе дистанционного обучения интенсивность обмена информацией между обучающимися больше, чем между обучающимися и преподавателем.

Поэтому для реализации в практике дистанционного обучения этого принципа, например, при проведении компьютерных телеконференций необходимо сообщать электронные адреса всем участникам учебного процесса.

3. Принцип идентификации

Необходимость контроля самостоятельности учения, т.к. при дистанционном обучении предоставляется больше возможности для фальсификации обучения, чем, например, при очной форме. Идентификация обучающихся является частью общих мероприятий по безопасности. Контроль самостоятельности при выполнении контрольных мероприятий может достигаться, кроме очного контакта, с помощью различных технических средств. Например, идентифицировать личность, сдающего экзамен, можно с помощью видеоконференцсвязи.

4. Принцип индивидуализации

Проведение входного и текущего контроля. Входной контроль позволяет составить индивидуальный план учебы и провести, если нужно, доподготовку потребителя образовательных услуг. Текущий контроль позволяет корректировать образовательную траекторию.

5. Принцип регламентности обучение

Опыт практического дистанционного обучения показывает, что, должен быть жесткий контроль и планирование.

6. Принцип педагогической целесообразности применения средств новых информационных технологий.

Принцип является ведущим педагогическим принципом и требует педагогической оценки каждого шага проектирования, создания и организации дистанционного обучения.

7. Принцип открытости и гибкости дистанционного обучения

Опыт зарубежных образовательных учреждений, а также отечественных, говорит о том, что этот факт не снижает качество обучения, но требует дополнительных усилий со стороны образовательных учреждений дистанционного электронного обучения при последующем индивидуальном обучении обучающегося. Важным "показателем гибкости" является не критичность образовательного процесса дистанционного обучения к расстоянию, временному графику реализации учебного процесса и конкретному образовательному учреждению.

К образовательным технологиям, наиболее приспособленным для использования в дистанционном обучении, относятся:

1. видео-лекции;
2. мультимедиа-лекции и лабораторные практикумы;
3. электронные мультимедийные учебники;
4. компьютерные обучающие и тестирующие системы;
5. имитационные модели и компьютерные тренажеры;
6. консультации и тесты с использованием телекоммуникационных средств;
7. видеоконференции.

Информационные технологии - это аппаратно-программные средства, базирующиеся на использовании вычислительной техники, которые обеспечивают хранение и обработку образовательной информации, доставку ее обучаемому, интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем или педагогическим программным средством, а также тестирование знаний.

При выборе технологий необходимо учитывать наибольшее соответствие некоторых технологий характерным чертам обучающихся, специфическим особенностям конкретных предметных областей, преобладающим типам учебных заданий и упражнений.

Основная роль, выполняемая телекоммуникационными технологиями в дистанционном обучении - обеспечение учебного диалога. Обучение без обратной связи, без постоянного диалога между преподавателем и обучающимся невозможно. Обучение (в отличие от самообразования) является диалогическим процессом по определению.

В очном обучении возможность диалога определяется самой формой организации учебного процесса, присутствием преподавателя и обучающегося в одном месте в одно время. В дистанционном обучении учебный диалог необходимо организовать с помощью телекоммуникационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычкова О.С. Психолого-педагогическая составляющая интерактивных форм обучения при подготовке преподавателей вуза//Известия Балтийской государственной академии рыбопро-

мыслового флота: психолого-педагогические науки: научный рец. журнал Калининград: БГАРФ, 2015. Вып. 2(32). - С. 70-75.

2. Вержбицкий, К.Г. Дистанционное образование в России и за рубежом: информационно-аналитический аспект. - М.: РИЦ «Альфа» МГОПУ, 2001. - 78 с.

3. Скибицкий Э.Г. Дидактическое обеспечение процесса дистанционного обучения // Дистанционное образование. - 2000. - №1.

ORGANIZATION OF EDUCATIONAL ACTIVITY IN TERMS OF E-LEARNING AND REMOTE TECHNOLOGIES

Bychkova Olga Serafimovna, candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of chair of theory and methods of professional education

Bokarev Mikhail Yuryevich, doctor of Education, professor, director of Institute of Professional Pedagogy

Baltic fishing fleet state academy FSBEI HE "KSTU",
Kaliningrad, Russia, e-mail: olga3065@mail.ru; ipp_bga_rf@mail.ru

The models of organization of educational activity are considered, the principles of remote e-learning are determined, the peculiarities of implementation of e-learning curricula are identified for the additional professional education.

УДК 37.014.53

ПРАВОВАЯ КУЛЬТУРА ПЕДАГОГА КАК МНОГОВЕКТОРНЫЙ ФАКТОР ЕГО КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

¹Горбунова Виктория Борисовна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры «Экономическая безопасность»

²Поздняков Артур Артурович, канд. воен. наук, доцент кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: viktoriya.gorbunova@klgtu.ru

²АНООВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Калининградский филиал, Калининград, Россия, e-mail: arturpozdniakov@mail.ru

В современных условиях сложной эпидемиологической обстановки всё больше внимания уделяется различным формам передачи знаний и опыта в образовательных организациях. Однако, наряду с внедрением новейших цифровых технологий в процесс обучения, авторам статьи представляется очень важным повысить правовую культуру, причем как студентов, так и их педагогов. Статья посвящена исследованию отдельных актуальных аспектов повышения правовой культуры студентов (слушателей), педагогов и общества. Авторы особо акцентируют внимание на том, что формирование истинного уважения к праву и правовым ценностям является конечной целью профессионально образованного культурного преподавателя.

В настоящее время, в условиях крайне нестабильной эпидемиологической обстановки, много внимания уделяется развитию дистанционных форм обучения, в частности онлайн-обучению, а также развитию информационного образовательного пространства образовательных организаций. [1, 2] Однако, на взгляд авторов, с точки зрения коммуникативной компетенции современного педагога необходимо не забывать о правовой культуре.

О повышении роли права, правосознания, правовой культуры российского общества сказано очень много. Данная проблематика становится все более актуальной в современной России. Но, к сожалению, по объективным и субъективным причинам уровень правовой культуры, правосознания наших людей остается по-прежнему достаточно невысоким. Для устранения данной проблемы на первое место должны выдвинуться педагоги, профессорско-преподавательский состав всех уровней обучения. Именно повышение правовой культуры российского общества становится залогом успеха нашей страны. Именно педагогический состав должен стоять у «локомотива» правового воспитания российских граждан.

Педагог, учитель, преподаватель стоят у истоков воспитания подрастающего поколения, в том числе правового воспитания. Неутешительные цифры статистики, подтверждающие, что в РФ $\frac{3}{4}$ всего населения это «правовые невежи» стимулируют, подталкивают педагогов к совершенствованию правосознания россиян.

Правовая культура, правовое воспитание не должно ограничиться элитарностью, оно должно быть доступно всем социальным слоям Российского общества.

В процессе воспитания своих подопечных, подчиненных педагог позиционируется как должностное лицо. Необходимо постоянное повышение правовой квалификации педагогов, т.к. именно педагоги являются духовно-нравственными, правовыми гарантами соблюдения законности и правопорядка в Российском обществе.

Если российские педагоги не сформируют современное массовое правосознание у подрастающего поколения, то, значит, Россия так и не станет подлинно правовым государством. Именно такую же мысль отражает ныне действующий Председатель конституционного суда России. [3]

Прежде всего, педагоги должны воспитывать чувство нетерпимости к правонарушителям в Российском обществе. К сожалению, такое противоправное явление как правовой нигилизм разъедает, разобщает российское общество.

В общественной жизни России, к сожалению, господствует точка зрения, что в жизни необходимы не правовые нормы, а личная корыстная выгода в ущерб другим гражданам. К большому сожалению, российское национальное правосознание отмечено исторически юридическим нигилизмом широких слоев населения.

К негативным моментам, присущим исторически нашему обществу относятся абсолютизм, казнокрадство, неисполняемые законы, несправедливый суд, взяточничество, коррупция и другие отрицательные моменты. События последних лет показывают, что правового нигилизма меньше не стало из-за устоявшихся традиций и старых привычек

По-прежнему российские граждане, несмотря на наличие правовых институтов защиты прав и свобод, относятся к праву со скептицизмом. Социологические опросы говорят о том, что население России занимает отчужденно-настороженную позицию к Российскому праву и отечественному законодательству. Именно против такой сформировавшейся точки зрения, против правового нигилизма и должны выступать профессионалы-педагоги.

В Российском обществе должны господствовать духовно-нравственные и правовые ценности, именно они должны быть сформированы педагогами.

Президент РФ неоднократно в своих выступлениях и обращениях с посланием к Федеральному собранию об этом говорил. В случае успешной эффективной работы всего педагогического состава у наших соотечественников может появиться реальное чувство правовой защищенности в нашем обществе и государстве.

Правовое воспитание младшего поколения российских граждан должно тесно сочетаться с нравственно-духовным воспитанием с учетом национальных обычаев и традиций. [4] Главным в правовом воспитании должно стать правоприменение. Это зависит от того насколько наши граждане способны соблюдать нормы права. Неотвратимость наказания для правонарушителей должна стать нормой жизни Российского общества. Педагоги на личном примере должны быть образцами поведения для своих обучаемых.

Педагогам необходимо выстроить доверительные отношения со своими подопечными и на этом фоне формировать привычки правомерного поведения. Педагоги обязаны выработать глубокое уважение к праву и закону в обыденной, повседневной и затем в профессиональной деятельности у своих обучаемых.

Конечно уровень правовой подготовки, правосознания, правовой культуры самих педагогов должен быть очень высоким.

Исходя из правоприменительной практики, мы пока не можем похвастаться высокой правовой культурой современного российского педагога.

Правовая культура, прививаемая с ранних пор ученикам, студентам, должна стать мощным фактором борьбы с коррупцией. Поэтому, одним из элементов правового воспитания является развитие педагогами антикоррупционного правосознания у обучаемых. Безусловно, помощником педагогам в правовом воспитании является правовое воспитание в семье.

К сожалению правовому просвещению российского гражданина препятствуют многовековые пласты патриархально-коммунитарного, общинного менталитета русского человека. Сказывается на вопросе правового обучения российской молодежи длительное отсутствие значимых демократических свобод в истории развития нашего общества. Отрицательно влияет на воспитание молодых граждан нашей страны сформировавшаяся на длительном этапе развития нашего общества неприязнь к власти в целом. При этом у народа остается надежда, вера в доброго и справедливого руководителя, лидера, вождя.

Именно педагоги формируют общечеловеческую культуру и формируют элементы развитого гражданского общества и правового государства в целом. Каждый педагог должен нести правовую ответственность за результаты своей профессиональной деятельности. Каждый педагог должен быть требователен к себе и своим подчиненным в ходе своей профессиональной деятельности. Высокий уровень педагогической деятельности открывает путь к правовому развитию молодых людей и отрицает правовой нигилизм.

Безусловно, в основе правовой культуры как многоаспектного понятия лежит воспитание.

На наш взгляд в современной семье, школе, да и в высших учебных заведениях необоснованно мало уделяется внимание именно правовому воспитанию. В большей степени, что в семье, школе, учебном заведении уделяется внимание моральным нормам. Однако нормы морали не всегда совпадают с нормами права.

Предполагаем, что необоснованно мало уделяется внимания в высшей школе именно юридической подготовке выпускников. Во многих высших учебных заведениях юридические вопросы изучаются наспех и только в одной юридической дисциплине на 1 курсе, а именно в учебной дисциплине «Правоведение».

Президент РФ в Концепции правовой информатизации России еще раз подчеркивает актуальность, важность правового образования и воспитания и, особенно, педагогического состава учебных заведений страны. [5] Каждый современный педагог в совершенстве должен знать и уметь пользоваться справочно-правовыми автоматизированными системами «Консультант» и «Гарант» в повседневной деятельности и профессиональной деятельности прежде всего.

Министерство образования и науки России, начиная с 2014 года издало немало подзаконных актов о совершенствовании непосредственно правового воспитания обучаемых.

Правительство РФ утвердило Стратегию развития воспитания в РФ на период до 2025 года, где тоже подчеркивается актуальность именно правовоспитания граждан РФ. [6] Фундаментом реализации данной стратегии являются именно педагоги всех форм и ступеней обучения. Именно педагоги должны научить своих учеников (студентов, обучаемых) элементарным знаниям о гражданском обществе, о возможности и необходимости участия своих обучаемых в управлении обществом и страной.

Педагоги всех уровней обучения должны акцентировать внимание своих обучаемых на правах, свободах и обязанностях граждан РФ, прописанных в Российской Конституции.

Педагог своим примером мотивирует учащихся на участие в делах группы, института, университета, своего города. Педагог учит уметь отвечать за свои поступки. Также он должен сформировать негативное отношение студентов (обучаемых) к любым правонарушениям и непосредственно к лицам, совершившим правонарушение, а именно правонарушителям.

Таким образом, именно педагоги должны стоять в авангарде формирования подлинного развитого гражданского общества в РФ.

За молодежь будущее нашей отчизны, а формируют правовые и нравственные ценности среди молодежи именно педагоги (учителя, преподаватели).

Повышение правовой грамотности, правовой коммуникативности современного педагога являются приоритетным направлением развития образовательной системы РФ.

В связи с вышеизложенным, необходимо повышение общественного авторитета и статуса педагогических работников, участвующих в правовом воспитании подрастающего поколения России XXI века.

Посильную помощь педагогам в правовом воспитании подрастающего поколения должны оказывать психологи, социальные работники, также обязанные участвовать в формировании правовой культуры.

Правовая культура педагога полностью совпадает с принципом демократического характера управления образованием.

Повышение личной правовой грамотности самих педагогов является их обязанностью, так как именно они обязаны повышать культурный и образовательный уровень обучаемых, повышать уровень правовой культуры учащихся.

Повышение правовой культуры педагогов является составной частью общей культуры педагогических работников образовательных организаций.

На наш взгляд, необходимо более активное вовлечение в вопросы правового воспитания обучаемых представителей общественно-деловых объединений совместно с педагогами.

Педагог, с точки зрения права и морали, должен уметь организовать правовое консультирование своих подопечных и осуществить необходимую правовую защиту в случае необходимости. Именно таким способом можно проявить чувство уважения к ценностям права у обучаемых.

Педагог должен быть требователен к себе и своим подопечным в ходе осуществления правовоспитательных мер и в повседневной деятельности.

Сформировать истинное уважение к праву и правовым ценностям является конечной целью профессионально образованного культурного педагога.

Законность и правопорядок должны лежать в основе деятельности любого педагога.

Нетерпимость к любым правонарушениям и правонарушителям должна быть привита педагогом своим обучаемым.

Необходимо, чтобы любой педагог направлял своих студентов, слушателей на соблюдение основных принципов права, а именно свободы, равенства, равноправия, гуманизма, справедливости и добра.

Направлять правосознание обучаемых к благу и правде в человеческих взаимоотношениях является моральным долгом и обязанностью любого педагога. Только в этом случае в ближайшие десятилетия мы сможем сформировать подлинно демократическое развитое правовое гражданское общество российских граждан.

Таким образом, педагог должен сформировать навыки правового поведения и уважения к праву и закону в России. Профессиональная качественная работа педагогов будет способствовать в конечном результате повышению качества жизни всех слоев российского общества. Именно такую задачу и ставит перед российским государством и обществом Президент РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суворова А.Д., Горбунова В.Б. Точки притяжения онлайн-образования // В сборнике: 63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского государственного технического университета 2019. С. 115.

2. Лищук И.В., Бутко М.А. Информационно-образовательное пространство вуза // В сборнике: Высшая школа: проблемы и перспективы Материалы 13-й Международной научно-методической конференции. В 3-х частях. 2018. С. 220-226.

3. Федеральный закон от 25 декабря 2008 г. N 273-ФЗ "О противодействии коррупции" (с изменениями и дополнениями). / Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/12164203/#ixzz6XYJYyWd>

4. Правовой нигилизм и экономика России: современное состояние / Законодательство и экономика. 2014. - №5. С.27-31.

5. Указ Президента РФ от 28.06.1993 N 966 (ред. от 22.03.2005) "О Концепции правовой информатизации России" / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98561

6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 г. N 996-р г. Москва "Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года" / <https://rg.ru/2015/06/08/vospitanie-dok.html>

LEGAL CULTURE OF A TEACHER AS A MULTIDECTIVE FACTOR OF HIS COMMUNICATIVE COMPETENCE

¹Gorbunova Victoria Borisovna, PhD (Econ.), Associate Professor of the Department of Economic Security

²Pozdnyakov Artur Arturovich, PhD (Military.), Associate Professor of the Department of Humanities and Natural Sciences

¹FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: viktoriya.gorbunova@klgtu.ru

²ANOOVO of Tsentosoyuz of the Russian Federation "Russian University of Cooperation",
Kaliningrad branch, e-mail: arturpozdniakov@mail.ru

In modern conditions of a complex epidemiological situation, more and more attention is paid to various forms of transfer of knowledge and experience in educational organizations. However, along with the introduction of the latest digital technologies in the learning process, the authors of the article consider it very important to improve the legal culture, both of students and their teachers. The article is devoted to the study of certain relevant aspects of improving the legal culture of students (listeners), teachers and society. The authors particularly emphasize that the formation of true respect for law and legal values is the ultimate goal of a professionally educated cultural teacher.

УДК 372.862004.056

КУЛЬТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО СПЕЦИАЛИСТА. ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ

¹Жестовский Александр Георгиевич, доцент кафедры информационной безопасности

²Околот Денис Ярославович, аспирант кафедры систем управления и вычислительной техники

³Рудинский Игорь Давидович, д-р пед. наук, профессор

¹Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: a.zhestovskiy@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: dokolot@kantiana.ru

³ ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Институт образования,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
кафедра систем управления и вычислительной техники,
Калининград, Россия, e-mail: irudinskij@kantiana.ru

В статье рассматривается проблема формирования культуры информационной безопасности морских специалистов и ее актуальность. Представляются задачи формирования такой культуры у морских специалистов. Определяются и характеризуются признаки, структура и компоненты культуры информационной безопасности.

Понятия «культура» и «безопасность» впервые были объединены в докладе Международной консультативной группы по ядерной безопасности в 1986 г. Тогда же были заложены основы культуры безопасности. Нетрудно понять, какие события послужили причиной: эксперты признали отсутствие культуры безопасности персонала станции одной из причин аварии на Чернобыльской

АЭС. В случае утечки как радиации, так и важной коммерческой информации, ситуация может быстро выйти из-под контроля, а масштаб последствий при этом не всегда поддается прогнозу [1].

Согласно [10], «платформы, каналы и форматы современной коммуникации требуют от участников международного общения, коммерсантов и институтов гражданского общества высокого уровня культуры работы с информацией. Дефицит информационной культуры — одна из причин возникновения цифрового разрыва».

Таким образом, актуальность принципиально нового подхода к защите судовой информации формирования морского специалиста обусловлена необходимостью обеспечения этой защиты не только и не столько с помощью современных программно-технических и иных средств, но в первую очередь путем формирования у членов экипажа элементов специфической информационной культуры, названной нами культурой информационной безопасности морского специалиста (КИБ МС).

Предметом внимания КИБ МС являются, по сути, те же содержательные и нормативно-правовые категории, предопределяющие построение и функционирование систем защиты информации на государственном уровне, на уровне предприятия и организации либо на уровне отдельной личности [4]. Однако при рассмотрении проблематики КИБ МС на первый план выходят вопросы общекультурного, морально-этического, социально-рефлексивного и т.п. характера, отражающие культурологическую основу рассматриваемой проблематики. Статистика инцидентов в сфере информационной безопасности свидетельствует, что удельный вес гуманитарных проблем достигает 80% [5]. По этой причине недостаточная подготовленность членов судового экипажа в сфере информационной безопасности, недостаточное знание ими основных принципов защиты информации, а также непонимание либо недопонимание необходимости их тщательного выполнения могут и должны рассматриваться как следствие отсутствия либо недостаточной сформированности у морского специалиста основ профессиональной культуры информационной безопасности.

В настоящей работе под культурой информационной безопасности морского специалиста (КИБ МС) мы будем понимать систему знаний, умений и навыков в области обеспечения информационной безопасности судовых информационных систем, обеспечивающую их последующее применение носителем этой культуры для достижения необходимого и достаточного уровня информационной безопасности судовой информационной системы [7].

Важнейшим компонентом этой культуры становится умение, способность и готовность защитить информацию в судовой информационной системе от реальных или вероятных угроз и обеспечить ее безопасность.

От определения КИБ, приведенного в [7], данное нами определение КИБ МС отличается, в первую очередь, прикладной сферой применения знаний, умений и навыков в области информационной безопасности, т.е. морской спецификой. Поэтому целенаправленное и систематическое формирование такой культуры возможно только на базе соответствующих организаций профессионального образования, осуществляющих подготовку морских специалистов.

Как отмечалось в [7], формирование такой культуры должно базироваться на основах культуры информационной безопасности, уже заложенных на уровне семьи с последующим развитием на всех уровнях и ступенях образования. В первую очередь, речь идет о сформированных элементарных навыках, например, не раскрывать «семейные тайны» друзьям и знакомым, не разговаривать с незнакомыми людьми, не предоставлять посторонним доступ к своему персональному телефону и т.п.

Культура информационной безопасности является частью общей культуры как интегрального качества любой личности вне зависимости от его профессии, уровня образования, ценностей и иных ориентиров, поскольку каждый человек обладает определенными жизненными принципами, культурой поведения, этикетом, манерами и т.п. Соответственно, КИБ МС, с одной стороны, выступает несомненным компонентом общей культуры как умение грамотно получать и обрабатывать информацию, а также управлять процессом ее распространения. С другой стороны, КИБ МС является специфическим свойством конкретной категории морских специалистов (КИБ МС необходима только для них, поскольку обеспечение безопасности судовых информационных систем является одним из видов их профессиональной деятельности).

Наши выводы об актуальности и необходимости систематического исследования проблематики КИБ МС подтверждает публикация [9], в которой отмечается, что «наиболее слабое разви-

тие КИБ получила в России. В отличие от развитых зарубежных стран, она отождествляется исключительно со знаниями (осведомленностью), ее ценностная составляющая не развивается, не оценивается, ее нормы и ответственность за их нарушение не устанавливаются и т.д. Это усиливает угрозы со стороны внутренних пользователей корпоративных информационных систем, негативно влияет на состояние информационной безопасности российских предприятий. Необходимы широкомасштабные исследования культуры информационной безопасности и культуры кибербезопасности личности, общества и государства, а также принятие национальной стратегии и программы их развития. Тематика КИБ на отечественном поле весьма слабо исследована и в широкой практике понятие КИБ почти не применяется».

Мы также солидарны с мнением В.П. Полякова [13], что подготовка в области информационной безопасности и защиты информации на этапе общего образования нуждается в совершенствовании и развитии, а профессиональные знания в этой области обязательно должны быть дополнены на следующих ступенях образования.

По нашему мнению, формирование культуры информационной безопасности морских специалистов должно осуществляться на базе системно-деятельностного [11] и компетентностного [12] подходов.

Использование системно-деятельностного подхода позволяет:

- сформировать у обучающихся мотивационные и познавательные установки (желания узнать и научиться обеспечивать безопасность судовых информационных систем) и конкретной учебной цели (понимания того, что именно для обеспечения безопасности судовых информационных систем необходимо выяснить и освоить);

- выполнение обучающимися определённых действий для самостоятельного получения недостающих знаний, например, чтение тематической литературы, изучение технической документации и других источников с последующим составлением конспектов;

- выявление и освоение обучающимися способов действий, позволяющих осознанно применять приобретённые профессиональные знания;

- формирование у обучающихся умения контролировать свои действия – как после их завершения, так и в процессе решения производственных задач;

- включение содержания обучения в контекст решения значимых профессиональных задач.

Компетентностный подход усиливает практическую направленность процесса обучения, подчеркивает необходимость обретения умений и опыта получать новые знания и применять их на практике. По этой причине формирование профессиональной компетентности в области обеспечения информационной безопасности судовых информационных систем и культуры в информационной безопасности в этой отрасли не завершается приобретением квалификации специалиста, ее развитие продолжается на протяжении всей профессиональной деятельности [16].

Далеко не завершённые исследования состава, структуры и содержания культуры информационной безопасности морских специалистов позволяют характеризовать ее как обязательный элемент профессиональной информационной культуры морского специалиста, определяющий его способность и готовность обеспечить защиту судовой информации и решений по безопасному управлению судном. С позиций морского специалиста как носителя этой культуры КИБ МС представляется специфическим свойством индивида, которое может быть системно структурировано взаимосвязями когнитивного, функционального, мотивационного, личностного компонентов. Приведем краткую характеристику каждого компонента.

Когнитивный компонент – характеризуется систематизированными знаниями об основных угрозах и уязвимостях информации в судовых информационных системах и мерах по их предотвращению, основных каналах утечки конфиденциальной судовой информации и способах ее защиты от утечки. Этот компонент должен отражать знания морского специалиста об основных понятиях и задачах информационной безопасности, административно-процедурных мерах и регламентах обеспечения информационной безопасности судовых информационных систем, как в сфере профессиональной деятельности, так и в индивидуальном информационном пространстве в контексте обеспечения их безопасности.

Функциональный компонент – характеризуется профессиональными действиями по разработке и реализации комплекса мер для обеспечения информационной безопасности судовых информационных систем. Функциональный компонент также предполагает способность составлять

и анализировать модели угроз и нарушений информационной безопасности с целью их предотвращения, а также проводить мониторинг защищенности судовой информационной системы. Еще один важнейший элемент – умение применять нормативные правовые акты и методические документы в области обеспечения защиты судовой конфиденциальной информации.

Мотивационный компонент включает в себя систему причин, мотивов и оснований для реализации конкретных процедур и регламентов обработки судовой информации, включая определение возможности предоставления доступа к ней третьих лиц.

Личностный компонент включает в себя персональные качества морского специалиста, характеризующие его готовность и возможность исполнять обязанности по защите судовой информации, а также предопределяющие успешность и результативность этой деятельности.

С позиций компетентностного подхода [12], достижение требуемого уровня культуры информационной безопасности морского специалиста предполагает формирование общепрофессиональной компетенции в области защиты судовой информации, состоящей в способности и готовности обеспечить защиту судовой информации и решений по безопасному управлению судном [2].

Результативность формирования у морских специалистов указанной компетенции будет определяться разработкой и реализацией комплекса педагогических условий реализации образовательного процесса, включающего как образовательные циклы классического академического характера, так и специфическую профессиональную подготовку непосредственно в морских условиях.

Таким образом, формирование культуры информационной безопасности морских специалистов является актуальной задачей, решение которой обретает особое значение на фоне стремительного проникновения информационных и коммуникационных технологий во все сферы жизнедеятельности общества.

Предпринятая нами попытка сформулировать понятие «Культура информационной безопасности морского специалиста», определить его место, роль и значение как элемента культуры этого специалиста, а также наметить компонентный состав исследуемого феномена позволяет заложить основы комплексного исследования и разработки мероприятий, обеспечивающих реализацию инновационных подходов к обеспечению защищенности информации, хранящейся в судовой информационной системе.

Литература

1. Ерин А. Культура ИБ. 2014 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/aguryanov/40552.php>
2. Жестовский А.Г., Михайловский М.Ю., Околот Д.Я., Рудинский И.Д. Проблемы информационной безопасности судовой информационной системы и пути их решения при подготовке специалистов мореходных направлений // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – №4(46), т. 4. – С. 94–102.
3. Указ Президента Российской Федерации от 05 декабря 2016 г. № 646. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2016/12/06/doktrina-infobezobasnost-site-dok.html>
4. Ярочкин, В.И. Информационная безопасность: Учебник для вузов. / В.И. Ярочкин. – М.: Акад. Проект, 2018. – 544 с.
5. Малюк А.А., Алексеева И.Ю. Культура информационной безопасности как элемент подготовки специалистов по защите информации // История и архивы. – 2016. – №1 (3). – С. 45-53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kultura-informatsionnoy-bezopasnosti-kak-element-podgotovki-spetsialistov-po-zaschite-informatsii>
6. Концепция общественной безопасности в Российской Федерации / Утверждена Президентом Российской Федерации 14.11.2013 № Пр-2685 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/19653>.
7. Рудинский И.Д., Околот Д.Я. Формирование культуры информационной безопасности студентов колледжа / Информатика и образование. – 2019. – № 9. – С. 29-36.
8. Горюнов В. С. Информационная культура как необходимая часть развития современного человека в условиях формирующегося глобального информационного общества // Научно-

методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 336–340. URL: <https://e-koncept.ru/2016/86969.htm>

9. Астахова, Л. В., Лушникова, С.С. Культура информационной безопасности предприятия: сравнительный анализ зарубежных и российских исследований. // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – 2019. – №1 (31). – С. 37-47.

10. Алексеев, Г.В. Расширение областей применения информационных технологий и информационная безопасность государства // Управленческое консультирование. – 2017. – № 5 (101). – С. 8–19.

11. Методологические подходы в современном образовании и педагогической науке : учеб. пособие / Е. И. Пургина ; Урал. гос. пед. ун-т. — Екатеринбург, 2015. — 275 с

12. Рудинский И.Д., Давыдова Н.А., Петров С.В. Компетенция. Компетентность. Компетентностный подход / Под ред. доктора пед. наук, профессора И.Д. Рудинского (2-е изд. испр.) – М: Горячая линия – Телеком, 2019. – 240 с.

13. Поляков В.П. О непрерывности образования в области информационной безопасности // Известия Российской академии образования. – 2012. – № 2. – с. 1831.

14. Информационная безопасность судов (Кибербезопасность). 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://ibicon.ru/cyber-security>

15. Жестовский А.Г., Рудинский И.Д. Принципы и способы подготовки морских специалистов в области защиты судовой информации // Материалы VII Международного Балтийского морского форума. – 2019. С. 129-133.

16. Околот Д.Я., Рудинский И.Д. Компетентностный подход в подготовке специалистов в области информационной безопасности в учреждениях среднего профессионального образования // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». — 2020. — No 2 (6). — С. 35-43. — URL: <https://koirojournal.ru/realises/g2020/3jul2020/kvo205/>

THE FORMATION OF THE INFORMATION SECURITY CULTURE OF THE MARINE SPECIALIST

¹Zhestovskij Alexander Georgievich, the Associate Professor of the Department of Information Security

²Okolot Denis Yaroslavovich, the PhD student of the Department of Control Systems and Computer Engineering

³Rudinskij Igor Davidovich, the professor, Dr.Sci. (Pedagogy)

¹Baltic fishing fleet state academy FSBEI HE "KSTU",
Kaliningrad, Russia, e-mail: a.zhestovskiy@bk.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: dokolot@kantiana.ru

³Institute of Education of the Immanuel Kant Baltic Federal University, the Department of Control Systems and Computer Engineering in the Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russia, e-mail: irudinskij@kantiana.ru

The article discusses the general position of the problem of the formation of a culture of information security of maritime specialists and its relevance, as well as the tasks of education due to the need to form such a culture among maritime specialists. The features, structure and composition of information security culture components are formulated. Additionally, the components of information security culture are briefly characterized.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ И ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Заболотнова Елена Юрьевна, канд. пед. наук, доцент кафедры систем управления и вычислительной техники

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ezabolotnova@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы организации и проведения промежуточной и итоговой аттестации студентов в условиях дистанционного обучения. На основе анализа аттестации студентов в условиях традиционного очного и дистанционного обучения разработаны рекомендации по разработке и проведению тестирования, защиты лабораторных работ и курсового проекта, а также устного экзамена на примере дисциплины «Программирование». Рассмотрено применение образовательной технологии «Перевернутый класс» в условиях дистанционного обучения.

Результатом освоения студентами первого курса направлений подготовки 09.03.01 - Информатика и вычислительная техника и 09.03.03 - Прикладная информатика дисциплины «Программирование» является формирование у студентов следующих компетенций:

- способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования;
- способность разрабатывать структурные программы обработки данных на процедурно-ориентированном языке.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать современные методы и средства разработки алгоритмов и программ, основные конструкции языков программирования и способы записи алгоритмов на языке высокого уровня Python;
- уметь разрабатывать, отлаживать и документирования программы, работать в интегрированных средах программирования и с использованием дополнительных модулей;
- владеть навыками разработки программ на языке высокого уровня.

Для успешного формирования у студентов этих компетенций в течение всего процесса изучения дисциплины проводится текущая и итоговая проверка знаний студентов.

Первая дидактическая функция проверки знаний – это *контроль*. При этом выделяют несколько видов контроля:

- внешний, со преподавателя по отношению к студенту;
- взаимный, когда студенты проверяют знания друг друга;
- самоконтроль, когда студент сам оценивает свои знания.

В данной работе будут рассмотрена только первая, как наиболее значимая форма контроля. Для обеспечения обратной связи между студентами и преподавателем применяется текущая и итоговая проверка знаний. В первую очередь ее целью является выявление недостатков в процессе обучения, пробелов в теоретических и практических знаниях студентов, определение степени освоения обучающимися учебного материала по дисциплине. Все это делается с целью внесения своевременных необходимых корректировок в процесс обучения.

Вторая дидактическая функция контроля знаний – *обучающая*. Сущность обучающей функции проверки знаний заключается в совершенствовании проверяемых знаний, умений и навыков, их систематизации. При защите практических работ или курсовой работы в группе студенты, которые просто присутствуют при ответах другого студента, тоже участвуют в процессе обучения. При этом работают такие виды контроля знаний как взаимный контроль и «самоконтроль».

Третья дидактическая функция проверки знаний – *оценивание*. Результатами промежуточного или итогового контроля являются зачет или дифференцирования оценка за тест, контрольную работу, курсовой проект, а затем в итоге и за экзамен.

При обучении в традиционных условиях очное и дистанционное обучение гармонично дополняют друг друга и для промежуточного и итогового контроля при изучении дисциплины «Программирование» я обычно использую следующие формы контроля знаний и умений:

Устный опрос. Данная форма контроля очень развита в школе и хорошо понятна студентам первого курса. Обычно в начале лекции провожу «блиц опрос» по материалам предыдущей лекции, предполагающий вопросы с кратким ответом. Это опрос проводится в начале каждой лекции в первом семестре в течение 8-10 минут. Он дисциплинирует студентов, настраивает их на работу, перед переходом к новому материалу напоминает ключевые моменты прошлой лекции, стимулирует студентов к конспектированию основных моментов и примеров в лекции.

Защита лабораторной работы включает как проверку теоретических аспектов изучаемой темы, так и практические навыки их применения. В тексте лабораторной работы предлагается список основных теоретических вопросов, ответы на который должен знать каждый студент. Практический навык использования проверяется модификацией программы, которая выполняется в присутствии преподавателя и хорошо демонстрирует понимание студентом своего программного кода.

Тестирование обычно завершает изучение темы и выполняется студентами самостоятельно в указанные сроки в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС). Для исключения заимствований в ответах при формировании теста выбирается заданное число вопросов (10-20) из банка вопросов по данной категории, вопросы при этом располагаются в тесте случайным образом. Чем большее количество вопросов содержится в банке вопросов по дисциплине, тем меньше вероятность повторения вопросов в разных тестах и больше вероятность самостоятельного прохождения теста студентом. Для удобства вопросы в банке вопросов по дисциплине разделены на категории, банк вопросов можно постоянно редактировать. Не рекомендуется в тесте в качестве ответа просить студента ввести текст программы целиком, так как в языке Python возможно несколько верных вариантов программы, которые будут существенно отличаться по написанию, но тем не менее работать правильно. Проверка программы как ответа на вопрос преподавателем трудоемка и занимает много времени. По этой же причине не следует разрешать прикрепление файла к ответу на вопрос.

Защита курсовой работы проходит путем выступления студента с кратким сообщением на 3-5 минут по плану: постановка задачи - особенности программной реализации - результаты работы программы в различных режимах.

Экзамен обычно проводится традиционным образом, по билетам. На экзамене акцент делается на теоретических аспектах дисциплины за два семестра, практическим навыкам и так уделяется достаточно внимания в процессе обучения.

В конце 2020 года в связи с пандемией всем высшим и средним учебным заведениям пришлось в обязательном порядке перейти к дистанционному обучению и работать в этом режиме до конца года. Педагогическое сообщество уже довольно давно изучает методические и организационные особенности дистанционного образования, есть его сторонники и противники.

Дистанционное обучение – это обучение, при котором все или большая часть учебных процедур осуществляется с использованием современных информационных и коммуникационных технологий при территориальной разобщенности преподавателя и студентов [1].

Дистанционное образование – это образование, реализуемое посредством дистанционного обучения.

Дистанционное обучение строится в соответствии с теми же целями, что и очное обучение, реализуется по тем же программам образования с тем же содержанием. Но форма подачи материала, форма взаимодействия преподавателя и студента и студентов между собой будут другими.

Дидактические принципы организации дистанционного обучения, такие как принципы научности, системности и систематичности, активности, принципы развивающего обучения, наглядности, дифференциации и индивидуализации обучения остаются теми же, но при этом реализуются они специфическими способами, также обусловленными спецификой новой формы обучения, возможностями информационной среды Интернет, ее услугами [1].

Несомненным достоинством дистанционного образования является возможность учащемуся самому формировать индивидуальную образовательную траекторию, выбирая место и время для обучения, скорость и порядок выполнения заданий, иногда и форму представления основного и дополнительного учебного материала.

Помешать дистанционному обучению может нехватка личной мотивации, ведь студенты должны не только иметь желание учиться, но и быть организованными и целеустремленными. При таком образовании отсутствует преподавательский контроль и учебная дисциплина, поэтому нужно понимать важность получаемых знаний и диплома для профессионального и карьерного роста, для достижения поставленных целей.

Среди студентов выпускного четвертого курса при подготовке бакалавров студентов, которые не приняли участия в дистанционном обучении, не оказалось. Среди студентов третьего курса количество «не явившихся» было соотносимо с таким же количеством студентов при традиционном обучении, тогда как студенты первого курса оказались не готовы к самостоятельному и ответственному изучению материала. В некоторых группах количество таких студентов превысило 50% от общего числа.

К моменту перехода на дистанционное обучение раздел дисциплины «Программирование» в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС) университета был полностью сформирован и хорошо знаком студентам. Им были доступны презентации и дополнительные материалы для лекций, задания для выполнения практических работ и курсовой работы.

Чтение лекций в режиме «говорящей головы» в программах Zoom или Google Meet малоэффективно и эмоционально не комфортно для преподавателя, большинство из нас привыкли работать при условии вербальной оценки степени усвоения материала студентами. Защита практических работ и курсовой работы свелась фактически к оцениванию присланных по электронной почте отчетов, работоспособность программы проверялась по наличию скриншотов в тексте. Запуск программ для проверки их работоспособности выполнялся выборочно. Скачивание файлов с программами, запуск их и проверка – однообразная и утомительная процедура.

Общение со студентами средствами программы Zoom было эффективно при обсуждении таких вопросов, как типовые ошибки при выполнении курсовой работы, однако при этом более трети учащихся не принимали участие в видеоконференции, а подключившиеся просили выложить результаты видеоконференции в виде текстового файла в ЭОИС. Обратная связь со студентами наиболее эффективно проходила по электронной почте или в режиме сообщений в реальном времени в социальной сети «ВКонтакте». Информационные сообщения размещались также в ЭИОС на странице дисциплины, но студенты пока еще не привыкли ежедневно и оперативно отслеживать появление новой информации в образовательной среде.

Для проведения экзамена был разработан итоговый тест по дисциплине. В банк вопросов было занесено более 100 вопросов различного типа: выбор одного или нескольких правильных ответов, ввод пропущенного слова или слов, установка соответствия между левой и правой частями в вопросе, оценка утверждения как верное или неверное и т.д. Для каждой из четырех групп был назначен согласно расписанию отдельный день и временной интервал для прохождения теста. На 15 вопросов, которые отбирались из банка вопросов случайным образом, отводилась одна попытка и 60 минут времени.

В таблице 1 приведены результаты итоговой аттестации в условиях традиционного и дистанционного обучения, использованы итоговые оценки группы первого курса одной специальности за два последних учебных года.

Видно, что результаты итоговой аттестации по предмету этого года намного превышают результаты прошлого года. Оценку «отлично» получили более половины студентов. Оценок «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» нет совсем, и даже количество «неявок» на треть меньше чем в прошлом году.

Можно ли по этим результатам сделать вывод о том, что дистанционное обучение оказалось эффективнее традиционного, и что уровень знаний студентов по дисциплине «Программирование» повысился? К сожалению, это скорее говорит о недостатках в проведении итоговой аттестации, о необходимости не переносить формы текущего и итогового контроля в дистанционную среду, а разрабатывать новые подходы к их содержанию и организации.

Таблица 1

Результаты итоговой аттестации по дисциплине «Программирование»

в % к общему числу студентов в группе	2018/2019 учебный год	2019/2020 учебный год
Количество "5"	20	54
Количество "4"	20	25
Количество "3"	30	0
Количество "2"	0	0
Количество "неявок"	30	21

Вынужденный переход к дистанционной форме обучения еще раз подтвердил существование следующих заблуждений [2].

Первое заблуждение – это наличие большого количества высокоэффективных дистанционных курсов для самостоятельного изучения или поддерживаемых преподавателями, доступных на любых интерактивных платформах. Практика показывает, что механически перенести разработанные традиционные курсы в электронную версию недостаточно, общение по электронной форме между студентом и преподавателем трудозатратно и эффективно только при выполнении функций контроля и оценивания.

Второе заблуждение предполагает наличие сформированной потребности в дистанционных технологиях у преобладающей части обучаемых. Однако, различные опросы показывают желание обучаемых при переходе на дистанционную технологию обучения снизить свои усилия и временные затраты на изучение теоретического материала и увеличить аудиторное очное обучение для получения практических навыков.

Третье заблуждение основано на без аргументационном утверждении ряда авторов о повышении качества обучения при использовании дистанционных образовательных технологий. Дистанционные образовательные технологии в силу многообразия используемого инструментария, режиссуры курса и личных качеств педагогов настолько различны при реализации, что утверждать об их общей эффективности преждевременно.

Рассмотрим некоторые рекомендации по изучению дисциплины «Программирование» при дистанционном обучении. При проведении *лекционных занятий* хороший результат может дать *технология перевернутого обучения*. Это такая образовательная технология, при которой аудиторная и внеаудиторная работа меняются местами [3]. Эта технология хорошо зарекомендовала себя при смешанном обучении, когда традиционное обучение успешно сочетается с дистанционным обучением. Студент самостоятельно знакомится с теоретическими материалами к занятию, которые могут быть представлены в виде презентации, конспекта или полного текста лекции, видео лекции, теста для усвоения материала и т.д. После этого на видеоконференции проходит обсуждение трудных для восприятия тем или самых интересных вопросов. Метод обладает большой гибкостью и обеспечивает вовлеченность студентов в учебный процесс, позволяет создать творческую обстановку, при этом студенты учатся мыслить критически и работать совместно в группе [3]. Для более слаженной работы имеет смысл четко определить заранее перечень обсуждаемых вопросов и даже назначить ответственных из числа студентов за проработку определенных тем, а вокруг них уже строить дискуссию с участием всех студентов.

Практики перевернутого обучения выделяют несколько форм использования данной технологии [3]:

- классическое перевернутое обучение, которое во многом напоминает традиционный транслирующий подход – сначала изучается теоретический материал, а затем практика его применения. Этот подход будет эффективным при *выполнении и защите практических работ*.

- продвинутая модель перевернутого обучения предполагает постепенное усложнение изучаемого материала и видов деятельности. В программировании это хорошо реализуется решением задач, начиная с более простых до более сложных и интересных. Для типовой задачи можно рассматривать несколько решений с последующим обсуждением или защитой данной модели решения его автором или группой авторов. Эта модель наиболее интересна *при защите курсовых работ*, так как стимулирует групповую и проектную деятельность студентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что для повышения эффективности изучения дисциплины «Программирование» в условиях дистанционного образования необходимо переработать традиционные формы контроля знаний и умений студентов, активизировать интерактивные формы общения студентов и преподавателя, а также активно использовать различные педагогические образовательные технологии, такие, например, как технология «перевернутого класса».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Педагогические технологии дистанционного обучения: учебное пособие для вузов / Е.С. Полат [и др.]; под редакцией Е.С. Полат. – 3-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 392 с.
2. Журавлев В.Ю. Дистанционное образование – организационные и методические аспекты// В.Ю. Журавлев// Вестник Сибирского государственного университета.- 2015. №1.- С.25-27 [Электронный ресурс]. URL – <https://elibrary.ru/item.asp?id=26168642/> (дата обращения 07.09.2020)
- 3 Тихонова А.В. Технология перевернутый класс в вузе: потенциал и проблемы внедрения/ А.В. Тихонова// Казанский педагогический журнал. -2018, №2.- С.24-29.

INTERMEDIATE AND FINAL ATTESTATION IN THE DISCIPLINE "PROGRAMMING" IN SITUATION OF DISTANCE LEARNING

Zabolotnova Elena Yuryevna, Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor, Department of Control Systems and Computer Engineering

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: ezabolotnova@mail.ru

The article deals with the issues of organizing and conducting intermediate and final attestation of students in the situation of distance learning. Based on the analysis of student exam results in the context of traditional full-time and distance learning, recommendations were developed for the development and conduct of testing, protection of laboratory work and a course project, as well as an oral exam on the example of the discipline "Programming". It is considered the use of educational technology "Flipped class" in the situation of distance learning.

УДК 371.3

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ УЧИТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ СЕРВИСОВ GOOGLE

Карпова Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент, кафедра информационных технологий и электронного обучения

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: karpova.n.a@gmail.com

В статье рассматриваются технология и инструменты построения цифровой информационной коммуникационной среды учителя. Обосновывается актуальность и значимость данной проблемы. Предлагается технология проектирования среды и выбора инструментов на основе задач, которые стоят перед учителем и с учетом процессов, протекающих в настоящее время в обществе.

Введение. Ситуация, сложившаяся в последнее время в стране и в мире, потребовала использования информационных технологий в процессе обучения в объемах ранее не применяемых. Переход на дистанционное обучение потребовал не только знаний, но и навыков уверенного использования информационных технологий, ранее активно изучаемых всеми учителями, и используемых в методически оправданном объеме большинством из них в традиционном обучении. Особенно актуальным стало зна-

ние информационных технологий, умение выбирать приложения и сервисы для решения конкретной задачи и владеть ими. Возникла необходимость в поиске новых возможностей для предоставления учебного контента учащимся, организации консультирования и проведения диагностики.

Актуальность. Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) закрепляют требования по созданию на базе каждого образовательного учреждения информационно-образовательной среды, определяют ее состав и функционирование. В соответствии с ФГОС информационно-образовательная среда должна включать в себя образовательные ресурсы, в том числе цифровые ресурсы, обеспечивать информационно-методическую поддержку учебного процесса, взаимодействие его участников, в том числе дистанционное [1].

Проект «Цифровая школа» в рамках реализации Федерального проекта «Образование», Государственная программа РФ «Развитие образования» утвержденная Постановлением Правительства РФ от 26.12.2017 № 1642, Приказ Министерства просвещения РФ от 2 декабря 2019 г. № 649 «Об утверждении Целевой модели цифровой образовательной среды» а также проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации», утвержденный президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам переводит образовательную среду в цифровой формат. Тем самым, требование создания цифровой образовательной среды в школе закреплено на государственном уровне [1].

Актуальным так же является создания собственной цифровой среды учителя, как части ИОС образовательного учреждения, для организации учебного процесса изучения преподаваемого предмета. Такая среда включает информационные коммуникационные системы, которые функционируют на базе общих принципов и обеспечивают информационное взаимодействие участников учебного процесса и удовлетворяют их потребности.

Анализ возможных решений. Существует большое количество различных технологий и инструментов, которые можно использовать для решения различных методических и дидактических задач. Поэтому учителю необходимо уметь выбрать наиболее эффективные для решения задач, стоящих перед ним и его учащимися, определять и организовать пространство, средствами которого будет организовано взаимодействие в процессе обучения.

В ходе работы анализировались инструменты и технологии создания цифровых образовательных сред предназначенных для решения дидактических задач в условиях быстрого перехода на дистанционное обучение вызванного пандемией.

Проектирование цифровой образовательной среды. При проектировании цифровой образовательной среды (ЦОС), средствами которой может быть реализовано изучение конкретного предмета, необходимо сформулировать задачи, которые необходимо решить учителю в современных условиях, определить комплекс ИКТ-инструментов, использование которых должно носить системный порядок. ЦОС должна быть средой эффективного и комфортного предоставления информационных, коммуникационных возможностей и использования цифровых инструментов для всех участников образовательного процесса [2, 7].

Цифровая образовательная среда постоянно развивается, обновляется, имеет защиту, методы обработки и передачи данных.

Анализируя задачи и возможные решения получаем вывод, что одним из самых доступных и востребованных решений является использование сервисов Google, которые хорошо известны и популярны среди широкого круга пользователей. Поэтому их использование в учебном процессе в условиях дистанционного обучения не вызывает особых трудностей и не требует в общем случае дополнительного обучения работе с ними или оно минимально.

Особенности цифровой образовательной среды, реализованной средствами сервисов Google. Цифровая среда учителя, реализованная средствами сервисов Google, не требует дополнительной поддержки и материальных ресурсов, имеет достаточную степень защиты (выбор настроек конфиденциальности, отслеживание действий, двухэтапная аутентификация и т.п.). Важным критерием при формировании ЦОС учителя средствами сервисов Google является кроссплатформенность инструментов и ресурсов.

Функций ЦОС несколько, важнейшими из них являются

- интегрирующая: объединяет разные виды деятельности участников учебного процесса;
- коммуникативная: образует интерактивную мобильную среду для информационного обмена;
- дидактическая: решает задачи планирования, поддержки и реализации учебного процесса.

При решении коммуникационных задач определяются технологии и основной и дублирующий сценарии взаимодействия учителя, классного руководителя с администрацией, коллегами, обучающимися и их родителями [3]. Разрабатываются детали взаимодействия, определяются шаблоны, списки, группы, адреса. Для этого можно использовать почту gmail.com реализующую групповые рассылки, использование фильтров для сортировки поступающей корреспонденции. Кроме этого, могут быть использованы средства различных мессенджеров (Hangouts), конференций (Meet), блогов (Blogger) и сайтов (google site) [5], электронный дневник.

Для представления материалов в форме удобной для совместного использования и размещения в цифровой среде возможно использование разнообразных сервисов [3]. Например, для создания скринкастов удобно использовать видеохостинг YouTube и OBS (Open Broadcaster Software), для проведения вебинаров и консультаций рекомендуется использовать Google Duo или платформу для проведения видео встреч Meet [5].

Для создания презентаций удобно использовать приложение Google Презентации, другие приложения для визуализации учебных материалов Google Карты, Google Планета Земля, Google Фото, Google Искусство и культура. Создавать наглядные материалы можно еще с помощью приложения Goggle Рисунки, а также его можно использовать для проверки работ обучающихся. Для этого следует сохранить любую работу как картинку, а затем открыть ее в приложении Рисунки и с помощью инструмента Линия/Рисованная линия оставить необходимые правки, пометки, замечания. Разнообразные текстовые материалы создаются средствами интуитивно понятного приложения Google Документы. Одним из главных достоинств приложений является возможность организации совместной работы над текстовыми документами, презентациями, таблицами и т.д. Это позволяет организовать эффективную групповую работу в условиях дистанционного обучения [6].

Разработка системы контроля, оценки и мониторинга учебных достижений учащихся может быть реализована в том числе с помощью приложения Google Формы [4, 6].

Нельзя не упомянуть и возможности приложения Google Класс, который предоставляет достаточно широкий спектр возможностей для успешной организации дистанционного обучения. Сервис позволяет создавать так называемые учебные курсы по любому предмету и для любого класса. Организовывать в них классы, в которые учащиеся могут записаться самостоятельно или их записывает учитель на вкладке Пользователи. Для записи на курс нужно иметь аккаунт gmail.com.

Так же сервис позволяет создавать задания для обучающихся. Для этого можно использовать Google Документы, Google Таблицы, GoogleФормы и другие приложения. Задания могут предусматривать выполнение задания и прикрепление результата выполнения в виде файла, или без прикрепления. Есть возможность назначать задания всем обучаемым и некоторым, которых можно выбрать из общего списка класса. Кроме того, возможно определять сроки выполнения задания, по истечении которых ученик получит уведомление том, что задание не выполнено в срок «просрочено». Тем не менее его можно сдать. Учитель так же может изменить срок сдачи выполненного задания. После проверки и выставления оценки можно написать комментарий и вернуть работу с оценкой обучающемуся.

Сервис предоставляет инструменты для создания критериев оценки заданий, для обмена приватными сообщениями с обучаемым, размещения общих сообщений всем обучающимся на курсе.

В разделе Оценки можно увидеть таблицу со всеми учениками и всеми оценками сразу.

Кроме этого, данная среда может быть связана средствами ссылок с другими средами и сервисами.

Вывод. Цифровая образовательная среда, созданная средствами сервисов Google, позволяет решить практически любую из задач, стоящих перед учителем. Большинство приложений и сервисов уже известны и учителю, и обучаемым. Такая среда является наименее затратной, постепенно

и достаточно быстро наращиваемой, и дружественной.

Планирование и ресурсное обеспечение учебного процесса в режиме удаленной работы станет более четким и эффективным, если использовать доступные приложения и сервисы для создания учителем цифровой среды, отвечающей стоящим перед ним задачам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпова Н.А., Гончарова С.В. Построение персональной цифровой информационно-коммуникационной среды учителя// Современное образование: традиции и инновации. - СПб: Современная мысль, 2020. – № 2.- С. 256-259.

2. Власова Е.З., Карпова Н.А., Ильина Т.С. Социальные и профессиональные вопросы в подготовке бакалавров информатики и вычислительной техники/Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – Калининград: 2019. - № 4 (50) - С. 73-76.

3. Аксютин П.А., Гончарова С.В., Карпова Н.А. Решение профессиональных задач учителя средствами веб-сервисов. // Современное образование: традиции и инновации. - СПб: Современная мысль, 2019. - № 1.- С. 23-25.

4. Гончарова С.В., Карпова Н.А. Использование технологий тестирования в преподавании дисциплины "информационные технологии //Современное образование: традиции и инновации. - СПб: Современная мысль, 2017. - № 1.- С. 69-72.

5. Гончарова С.В., Карпова Н.А. Вебинар как инструмент эффективной организации электронного обучения//Современное образование: традиции и инновации. - СПб: Современная мысль, 2017. - № 4.- С. 114-118.

6. Карпова Н.А., Гончарова С.В. Онлайн сервисы для организации сетевого взаимодействия// Современное образование: традиции и инновации. - СПб: Современная мысль, 2016. - № 4. - С. 162-168.

7. Аксютин П.А., Васильева Ю.С., Гончарова С.В., Ильина Т.С., Карпова Н.А. Программа электронного обучения информационным технологиям Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2014616086. Заявка № 2014611276 от 10.06.2014.

DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ENVIRONMENT OF THE TEACHER MEANS OF GOOGLE SERVICES

Karpova Natal'ya Aleksandrovna, PhD, Associate Professor, Department of Information Technology and Electronic Learning

Russian state pedagogical university A.I. Herzen,
St. Petersburg, Russia, e-mail: karpova.n.a@gmail.com

The article discusses the technology and tools for building a digital information communication environment for a teacher. The urgency and significance of this problem is substantiated. The technology of designing the environment and the choice of tools based on the tasks facing the teacher and taking into account the processes currently taking place in society is proposed.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ РАНХиГС

¹Кондратенко Борис Анатольевич, канд. пед. наук, доцент кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

²Кондратенко Анатолий Борисович, д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры № 512

³Рудинский Игорь Давидович, д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры систем управления и вычислительной техники; профессор Института образования

¹ ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» (Западный филиал), Калининград, Россия, e-mail: kondratenko-ba@ranepa.ru

² ФГКОУ ВО ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» в г. Калининграде, Калининград, Россия, e-mail: anatoliy_kondr@mail.ru

³ ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»; ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», Калининград, Россия, e-mail: irudinskii@kantiana.ru

В статье рассматривается организация учебного процесса в инфокоммуникационной образовательной среде РАНХиГС, построенной на основе порталных технологий Microsoft SharePoint. В работе впервые описаны задачи, выполняемые сотрудниками, ответственными за организацию взаимодействия между участниками образовательного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий, а также их специфика.

Совокупность технологий, реализуемых в рамках электронной информационной образовательной среды в Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации является ярким примером реализации eLMS (англ. e-Learning Management System – электронная система управления обучением) [1]; на её базе есть возможность не только реализовать аналог традиционного процесса обучения, но также использовать преимущества развивающихся инфокоммуникационных технологий.

Одним из основных компонентов инфокоммуникационной образовательной среды РАНХиГС является система дистанционного обучения на базе Moodle (СДО), которая обычно состоит из большого количества тесно интегрированных модулей, позволяющих реализовывать различные стороны образовательного процесса через сеть Интернет: форумы играют роль консультаций, тестирования – контрольных мероприятий, рабочие области – учебных аудиторий и так далее [2]. Таким образом, в инфокоммуникационной образовательной среде РАНХиГС каждый элемент классического образовательного процесса имеет свое «отражение».

Основная задача использования СДО в практике отечественного образования – это поддержка традиционных очных и заочных форм обучения с помощью ресурсов сети Интернет [3]. Одним из немаловажных преимуществ таких систем является то, что обучающиеся могут подключиться к СДО в любое время, получая доступ к учебным материалам, автоматизированным контрольным мероприятиям, базам электронных учебных курсов и иному контенту. В свете современных педагогических тенденций важно отметить, что подобный подход уже реализуется во многих высших учебных заведениях различных стран мира[4].

Инфокоммуникационная образовательная среда РАНХиГС дает студентам не только возможность получения доступа к информации в удобное время из любого места, но и так же поддерживает сложную настраиваемую структуру автоматизированных контрольных мероприятий. Сдача работ за определенное количество времени после получения задания, ограничение на время прохождения тестового задания или даже каждого отдельного вопроса в нем... и это далеко не исчерпывающий список

возможностей [5]. Использование аудио- и видео-материалов открывает возможность для широкого применения мультимедиа не только в рамках обучающих курсов, но и в процессе взаимодействия преподавателя со студентами, что особенно актуально в текущих условиях противодействия распространению новой коронавирусной инфекции COVID-19 и необходимости осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса дистанционно.

Инфокоммуникационная образовательная среда РАНХиГС построена на платформе Microsoft SharePoint, что позволяет ей не только отвечать самым современным требованиям к интерфейсу, управлению доступом и совместной работе с документами, но и реализовывать это на базе ресурсов Интернет [6].

При работе с СДО Moodle несколько изменяются роли участников учебного процесса. Преподаватели выполняют две различные по набору функций роли – преподавателя и автора курса, которые отличаются тем, что первые лишь используют существующие онлайн-курсы, в то время как вторые могут самостоятельно создавать новые и редактировать существующие, а лаборанты, сотрудники деканатов и отделов по организации учебного процесса и всех другие сотрудники, ответственные за организацию взаимодействия между участниками образовательного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий в системе выполняют роли «Ассистент», они контролируют посещение студентами и преподавателями занятий в по расписанию и соответствие выкладываемых педагогами материалов рабочим учебным программам.

Если рассматривать непосредственно учебный процесс в СДО РАНХиГС, то основной его особенностью, несомненно, является наличие промежуточного звена между студентами и преподавателями-авторами курсов – ассистентов. Эти сотрудники осуществляют посредническую функцию и связывают студентов и преподавателей – контролируют своевременную работу преподавателей и слушателей с курсом, а также корректное распределение последних по учебным группам [7]. С помощью специально сформированных и формализованных файлов таблиц, содержащих сведения о группах, дисциплинах и преподавателях в СДО РАНХиГС создаются глобальные группы (аналоги академических учебных групп), команды Microsoft Teams и осуществляются назначения студентов на определённые образовательной программой курсы (дисциплины), т.е. создаются логические связи между учебной группой, учебным курсом и преподавателями. Именно с помощью назначений то, что в традиционном очном учебном процессе представлено в виде расписания и учебного плана находит свое отражение в СДО.

Стоит также отметить, что в качестве контента (содержимого, на которое может быть создано назначение для группы или отдельных студентов) может выступать не только специально созданный учебный курс и материалы в формате SCORM, но и отдельные файлы, созданные, например, с помощью Word либо PowerPoint, а также страницы на языке HTML и целые структурированные лекции с интегрированным текущим контролем знаний [8]. Для назначения, его разделов и элементов могут быть заданы различные параметры, кроме обязательных (названия и слушателей), такие как: описание, даты начала и окончания, возможности блокировки и обновления контента.

Курсом называется специальный узел портала СДО, который может являться своеобразным аналогом учебной аудитории [9] – с его помощью студенты могут общаться и задавать интересующие их вопросы, а преподаватели размещать объявления и редактировать элементы курса, выкладывать дополнительные материалы и настраивать специальные условия для доступа, например, ограничения доступа или обязательное использование системы прокторинга, что актуально для аттестации [10]. Курс позволяет так же хранить множество полезной информации: темы курсовых работы, рефератов и докладов, которые могут распределяться между слушателями – в виде опросов с возможностью выбора одного ответа только один раз, список литературы с возможностью вложения файлов – в виде глоссария, а также специальный раздел, предназначенный для сдачи самостоятельных работ на проверку преподавателю.

Учебный курс и его элементы являются незаменимым элементом организации образовательного процесса в том числе и потому, что позволяет ассистентам проводить мониторинг посещаемости, как слушателей, так и преподавателей (и авторов курсов), преподавателям организовывать обучение, а студентам реализовывать свое право на образование [11]. Современная установка на реализацию компетентностного подхода к организации образовательного процесса предполагает сильные междисциплинарные связи отдельных частей образовательного контента как на этапе его освоения студентами, так и на этапе контроля учебных достижений [15].

Крайним важным инструментом СДО РАНХиГС на базе Moodle является система тестирования, построенная на базе создания больших баз вопросов и выбора из них случайным образом набора тестовых заданий для проведения аттестации [12]. В большинстве заданий используются распространенные типы вопросы, такие как поле ввода (подразумевающие ввод сдающим ответа с клавиатуры), один или несколько правильных ответов или ранжирование (выставление вариантов в определенном требуемом в вопросе порядке, например, исторических событий от самого раннего к самому позднему); но СДО РАНХиГС позволяет применять и некоторые другие типы вопросов, а самое главное, тонко настраивать процесс тестирования [2, 14]. СДО позволяет блокировать или автоматически отправлять выполненную часть тестирования, если время на его прохождение уже закончилось, а также осуществлять выборку необходимого количества вопросов из общей их базы – таким образом, двое слушателей один за другим проходящие тестирование могут не увидеть ни одного повторяющегося в обоих вариантах вопроса. Еще одной особенностью является возможность настройки вариантов оценки выполнения тестовых заданий. Оценка может быть выставлена в настраиваемой шкале – это значит, что можно с легкостью применять и классическую пятибалльную шкалу, и процентную шкалу (что удобно для бально-рейтинговой оценки) и ECST, и бинарную по системе «Сдан – Не сдан». По нашему мнению, такой подход позволяет существенно повысить объективность проводимого контроля учебных достижений [16].

В функциональные обязанности сотрудников, ответственных за организацию взаимодействия между участниками образовательного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий входит так же и информационная поддержка образовательного процесса, т.к. его освоение не может считаться интуитивным и требует определенных навыков, которые не возникают сами собой даже при прочтении качественных инструкций [6]. Ассистенты занимаются мониторингом образовательного процесса с целью выявления слабых мест и установления причин, по которым потенциал СДО не используется в полной мере [10]. В случае если это технические неполадки – задачей сотрудника является скорейшее доведение до сведения администраторов сути возникшей проблемы, или же доведения исчерпывающих пояснений до пользователя СДО, испытывающего затруднения.

Опыт внедрения и реализации инфокоммуникационной образовательной среды РАНХиГС показывает, что использование современных технологий позволяет повысить качество обучения, в том числе и в сложных условиях, складывающихся в России и мире в 2020 году [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ликсина Е.В. Образовательный портал - технологическая основа единой информационной образовательной среды // АНИ: педагогика и психология. 2016. №4 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnyy-portal-tehnologicheskaya-osnova-edinoj-informatsionnoy-obrazovatelnoy-sredu> (дата обращения: 30.05.2020).
2. Moodle // Open-source learning platform | Moodle.org URL: <https://moodle.org/> (дата обращения: 30.05.2020).
3. Кондратенко А.Б. Проектирование образовательного процесса в информационном обществе // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2013. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-obrazovatel'nogo-protsessa-v-informatsionnom-obschestve> (дата обращения: 30.05.2020).
4. Щуревич В.А., Ананьев П.И., Боровцов Е.Г., Андреева А.Ю. Информационно-образовательное пространство вуза // Высшее образование в России. 2009. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-obrazovatelnoe-prostranstvo-vuza> (дата обращения: 30.05.2020).
5. Онлайн-обучение РАНХиГС // СДО РАНХиГС URL: <https://lms.ranepa.ru/> (дата обращения: 30.05.2020).
6. Гринкруг Л.С. Проблемы обновления образовательной системы вуза // Высшее образование в России. 2011. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-obnovleniya-obrazovatelnoy-sistemy-vuza> (дата обращения: 30.05.2020).
7. Кондратенко А.Б., Кондратенко Б.А. Технология обучения в Виртуальной образовательной среде персонализации обучения // Открытое образование. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-obucheniya-v-virtualnoy-obrazovatelnoy-srede-personalizatsii-obucheniya> (дата обращения: 30.05.2020).

8. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Современные условия и структура взаимодействия вузов, студентов и работодателей // Высшее образование в России. 2017. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-usloviya-i-struktura-vzaimodeystviya-vuzov-studentov-i-rabotodateley> (дата обращения: 30.05.2020).

9. Кухаренко В.Н. Инновации в e-Learning: массовый открытый дистанционный курс // Высшее образование в России. 2011. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-e-learning-massovyy-otkrytyy-distantsionnyy-kurs> (дата обращения: 30.05.2020).

10. Кондратенко А.Б., Кондратенко Б.А. Качество профессионального образования в информационном обществе // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2015. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-professionalnogo-obrazovaniya-v-informatsionnom-obschestve> (дата обращения: 30.05.2020).

11. Черногорова И., Потехина Е. Региональный центр Интернет-образования // Высшее образование в России. 2006. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnyy-tsentr-internet-obrazovaniya> (дата обращения: 30.05.2020).

12. Кондратенко А.Б., Кондратенко Б.А. Обоснования персонализации обучения студентов в информационном обществе // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovaniya-personalizatsii-obucheniya-studentov-v-informatsionnom-obschestve> (дата обращения: 30.05.2020).

13. Кондратенко Б.А., Кондратенко А.Б. Перспективы использования больших данных в современном образовании // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-bolshih-dannyh-v-sovremennom-obrazovanii> (дата обращения: 30.05.2020).

14. Рудинский И.Д. Структурные основы тестологии. 2-е изд. испр. – М.: Горячая линия телеком, 2015. – 244 с.

15. Рудинский И.Д., Давыдова Н.А., Петров С.В. Компетенция. Компетентность. Компетентностный подход / Под ред. доктора пед. наук, профессора И.Д. Рудинского. 2-е изд. испр. – М: Горячая линия – Телеком, 2019. – 240 с.

16. Рудинский И.Д., Клеандрова И.А. Математические основы педагогического тестирования знаний. Препринт ч. 1. Модели нечеткого оценивания знаний и количественного оценивания степени объективности и тестирования. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. – 70 с.

ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE INFOCOMMUNICATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF RANEPА

¹Kondratenko Boris Anatolievich, PhD in Pedagogy, Associate Professor at the Department of Humanities and natural sciences

²Kondratenko Anatoliy Borisovich, Doctor of Pedagogy, Full Professor, Professor at the Department № 512

³Rudinskiy Igor Davidovich, Doctor of Pedagogy, Full Professor, Professor at the Department of control systems and computer technology, Professor at the Institute of Education Immanuel Kant Baltic Federal University

¹Western branch of The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Kaliningrad, Russia, e-mail: kondratenko-ba@ranepa.ru

²Kuznetsov Naval Academy in Kaliningrad, Kaliningrad, Russia, e-mail: anatoliy_kondr@mail.ru

³FSBEI HE "Kaliningrad state technical university"; Institute of Education Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, e-mail: irudinskii@kantiana.ru

The article discusses the organization of the educational process in the information & communication educational environment of the RANEPА, based on Microsoft SharePoint portal technologies. The article present the tasks performed by the staff responsible for organizing the interaction between the participants of the educational process using distance learning technologies, as well as their specifics, are described for the first time.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛОЖЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ ПЛАНАРНЫХ ПОДСТАНОВОК В ПЛОСКОСТЬ

Корнева Ирина Петровна, доцент

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ»,
Калининград, Россия, e-mail: irakorneva@list.ru

В статье даны основные определения прикладной геометрической теории графов и их вложений, теории подстановок линейной алгебры. Учитывая тот факт, что элементы группы автоморфизмов графов являются подстановками, действующими на множестве вершин графа, исследованы особенности вложений в R^2 для специального класса графов – геометрических реализаций планарных подстановок.

1. Основные определения, касающиеся особенностей вложения геометрических реализаций планарных подстановок в плоскость

Определение 1. Пусть $P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n-2 & n-1 & n \\ i_1 & i_2 & \dots & i_{n-2} & i_{n-1} & i_n \end{pmatrix}$ - произвольная подстановка,

$J = \{j_1, j_2, \dots, j_m\}$ - упорядоченное подмножество ее верхней строки с индуцированным порядком; $\{j_{s_1}, j_{s_2}, \dots, j_{s_m}\}$ - упорядоченное подмножество нижней строки P с индуцированным порядком, характеризующее порядок следования элементов множества J в нем.

Подстановку $Q = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & m-2 & m-1 & m \\ s_1 & s_2 & \dots & s_{m-2} & s_{m-1} & s_m \end{pmatrix}$ будем называть субподстановкой подстановки P , ассоциированной с подмножеством J . [1]

Определение 2. Пусть P - произвольная подстановка и P^* - соответствующая ей перестановка. Рассмотрим два ориентированных цикла M_1 и M_2 длины n . Вершины M_1 последовательно занумеруем в соответствии с его ориентацией. Вершины M_2 последовательно занумеруем в соответствии с нижней строкой подстановки P и ориентацией M_2 . Склеивая M_1 и M_2 по одинаково пронумерованным вершинам, получим некоторый ориентированный граф $\Gamma(P) = \Gamma(P^*)$, который назовем геометрической реализацией подстановки P (перестановки P^*). Циклы M_1 и M_2 будем называть определяющими циклами для $\Gamma(P)$.

Если граф $\Gamma(P)$ планарен, то соответствующую ему подстановку P будем называть планарной. [2]

Определение 3. Произвольные подстановки P_1 и P_2 будем называть геометрически эквивалентными, если граф $\Gamma(P_1)$ изоморфен графу $\Gamma(P_2)$.

Если граф Γ , имеющий структуру геометрической реализации подстановки, задан, то соответствующий ему класс геометрически эквивалентных подстановок будем называть определяющими подстановками для графа Γ .

Определение 4. Пусть P - произвольная подстановка. Вершину графа $\Gamma(P)$ будем называть вершиной с существенной трансверсальностью (нетрансверсальностью), если для любого гладкого вложения $\Gamma(P)$ в R^2 цикл $M_1(P)$ трансверсален (нетрансверсален) к циклу $M_2(P)$ в этой вершине.

Множество вершин с существенной трансверсальностью обозначим через $TR(P)$, с существенной нетрансверсальностью – через $NTR(P)$, а дополнение к $TR(P) \cup NTR(P)$ будем называть множеством вершин с несущественной трансверсальностью (нетрансверсальностью).

2. Объекты, с помощью которых эффективно исследуются вложения геометрических реализаций планарных подстановок в плоскость

Специальные графы геометрических реализаций подстановок, графы, стягиваемые на геометрическую реализацию являются объектами, с помощью которых эффективно исследуются вложения геометрических реализаций планарных подстановок в плоскость. Разобьем граф $\Gamma(P)$ на специальные ориентированные подграфы следующим образом: начиная с произвольной вершины будем двигаться поочередно (в соответствии с ориентацией) то по циклу $M_1(P)$, то по циклу $M_2(P)$. В результате мы либо обойдем весь граф, либо заиклимся, не обойдя весь граф. Таким образом, мы можем разбить граф $\Gamma(P)$ на конечное число специальных ориентированных циклов. Каждому непросто специальному ориентированному циклу с числом вершин k можно естественным образом сопоставить простой ориентированный цикл длины $k+t$, где t - число вершин, в которых происходит самопересечение рассматриваемого цикла. Такой цикл назовем *разверткой* непростого ориентированного цикла. Множество простых специальных ориентированных циклов $\Gamma(P)$, пополненное развертками непростых специальных ориентированных циклов, обозначим через $SPC(P)$ (Special Cicle).

Рассмотрим несвязное объединение циклов из множества $SPC(\Gamma(P))$. Соединим одинаково занумерованные вершины с помощью вспомогательных ребер, приписывая им веса соединяемых вершин, и обозначим этот граф через $Y(P)$. Стянем в $Y(P)$ подграфы, соответствующие элементам из $SPC(\Gamma(P))$. Полученный граф $\tilde{Y}(P) = Y(P)/SPC(P)$ естественно назвать графом смежностей специальных ориентированных циклов графа $\Gamma(P)$. [2]

Заметим, что петли в графе смежностей могут появляться лишь при стягивании разверток непростых специальных ориентированных циклов, и число петель равно числу точек самопересечения соответствующего цикла, а веса петель равны номерам точек самопересечения.

Пусть $A_n(j_1, j_2, \dots, j_2) = ((j_1 + 1) \bmod n, \dots, (j_n + 1) \bmod n)$.

Композиции последовательных сдвигов вдоль $M_1(P)$ и $M_2(P)$ будет соответствовать отображение $A_n * P^{-1} * A_n * P$. Этому отображению соответствует подстановка

$$\chi(P) = q_n * P^{-1} * q_n * P, \text{ где } q_n = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n-2 & n-1 & n \\ 2 & 3 & \dots & n-1 & n & 1 \end{pmatrix}.$$

Определение 5. Пусть $P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n-2 & n-1 & n \\ i_1 & i_2 & \dots & i_{n-2} & i_{n-1} & i_n \end{pmatrix}$ - произвольная подстановка,

$\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ - множество ее циклов, где $C_i = \{c_1^i, \dots, c_l^i\}$.

Циклы C_i и C_j будем называть *смежными*, если существуют числа k и s такие, что

$$1 \leq k \leq l(i), 1 \leq s \leq l(j) \text{ и } |c_k^i - c_s^j| \equiv 1 \bmod n.$$

Если $i = j$, то цикл C_i будем называть *самосмежным* циклом.

Определим граф $\beta(P)$, считая, что его вершины соответствуют циклам P , а смежность вершин определяется условием смежности циклов. Граф $\beta(P)$ будем называть *графом смежности циклов* подстановки P .

Из определений непосредственно следует, что графы $\tilde{Y}(P)$ и $\beta(\chi(P))$ изоморфны. В дальнейшем весами ребер графа $\beta(\chi(P))$ будем считать соответствующие веса ребер графа $\tilde{Y}(P)$.

Обозначим через \tilde{P} подстановку, нижняя строка которой получена из нижней строки P путем записи ее элементов в обратном порядке.

Теорема 1. Пусть P - планарная подстановка. Для того, чтобы существовало гладкое вложение $\Gamma(P)$ в R^2 , такое, что $M_1(P)$ было бы трансверсально к $M_2(P)$, необходимо и достаточно, чтобы и граф $\beta(\chi(P))$, и граф $\beta(\chi(\tilde{P}))$ не имели петель.

Из теоремы 1 следует, что для исследования множества $NTR(P)$ и множества точек с несущественной трансверсальностью принципиальную роль играют петли в графе $\beta(\chi(P)) \cup \beta(\chi(\tilde{P}))$, которым соответствуют точки самопересечения непростых специальных ориентированных циклов.

Пусть C - цикл подстановки P . Максимальные подмножества элементов цикла в верхней строке подстановки P вида: $\{k, (k+1) \bmod n, \dots, (k+t) \bmod n\}$ назовем верхними компонентами связности цикла C .

Теорема 2. Пусть граф $\beta(\chi(P))$ имеет петли, и $\{C_1, C_2, \dots, C_{\lambda(P)}\}$ - множество самосмежных циклов $\beta(\chi(P))$, а q_i - множество верхних компонент связности цикла C_i , в которых исключен минимальный элемент (относительно порядка, индуцированного ориентацией на $M_1(P)$) и длина которых не менее 2. Тогда множество точек самопересечения всех непростых специальных ориентированных циклов в $\Gamma(P)$ есть множество: $\sigma(P) = \bigcup_{j=1}^{\lambda(P)} q_j$.

Теорема 3. Пусть P - произвольная подстановка, q - тривиальная субподстановка подстановки P , ассоциированная с элементом J . Тогда граф $\beta(\chi(P \setminus q))$ может быть получен из графа $\beta(\chi(P))$ путем одного из следующих преобразований:

1. стягивание ребра, вес которого равен j , с последующей перенумерацией весов;
2. удаление петли, вес которой равен j , с последующим удвоением соответствующей вершины, причем степени этих вершин равны l и $k-l$, где k - степень вершины до удвоения, l - индекс точки самопересечения, соответствующий петле.

Доказательство. Докажем теорему для случая 1): Пусть C_1 и C_2 - специальные ориентированные циклы графа $\Gamma(P)$, W - ребро графа смежностей специальных ориентированных циклов, соединяющее C_1 и C_2 , вес которого равен j .

Удаление тривиальной субподстановки q из подстановки P , ассоциированной с элементом j , может быть описано следующим образом: в графе $Y(P)$ удаляется ребро W с сохранением соответствующих вершин, т.е. число вершин с весом j удваивается, причем в новом графе все эти вершины являются висячими. Затем ребра нового графа, соответствующие висячим вершинам и принадлежащие одним и тем же определяющим циклам, отождествляются. Таким образом, в рассматриваемом случае происходит слияние двух специальных ориентированных циклов один и удаление одного из ребер в графе $Y(P)$. Соответствующее преобразование графа $\tilde{Y}(P)$ представляет собой операцию стягивания ребра с весом j .

Докажем теорему для случая 2): начало доказательства аналогично случаю 1), однако при отождествлении ребер, инцидентных висячим вершинам, будут возникать два новых специальных ориентированных цикла, причем длина одного из циклов будет равна расстоянию (в соответствии с ориентацией) между вершинами, соответствующими удаляемому ребру и нумерация которых отличается (по модулю n) на 1. Таким образом, длины полученных циклов равны l и $k-l$, где l - индекс рассматриваемой точки самопересечения [3].

3. Алгоритм нахождения множества вершин с существенной нетрансверсальностью $NTR(P)$

Определение 6. Пусть $P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n-2 & n-1 & n \\ i_1 & i_2 & \dots & i_{n-2} & i_{n-1} & i_n \end{pmatrix}$ - планарная подстановка, а k - произвольный элемент множества, на котором она определена. Заменим рассматриваемый элемент на двухэлементное множество в верхней и нижней строке P . Полученную подстановку $P_1 = \Psi_k(P)$ будем называть расширением подстановки P относительно элемента k . Аналогично можно определить расширение подстановки P относительно подмножества множества, на котором она определена [1]. Расширение подстановки P относительно подмножества J обозначим через $\Psi_j(P)$.

Из теорем 1 и 2 следует, что для планарной подстановки P : $NTR(P) \subset \sigma(P) \subset \sigma(\tilde{P})$.

Поэтому необходим специальный алгоритм для выделения $NTR(P)$ из множества $\sigma(P) \cup \sigma(\tilde{P})$. Его описание дает следующая теорема.

Теорема 4. Пусть P - планарная подстановка. Положим

$$I = I(P) = \sigma(P) \cup \sigma(\tilde{P}); \quad Q = \Psi_i(P); \quad \sigma(Q) \cup \sigma(\tilde{Q}) = K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}, \quad (k_i < k_{i+1});$$

$$\tilde{K} = \{\tilde{k}_1, \tilde{k}_2, \dots, \tilde{k}_m\}, \quad \tilde{k}_i = (k_i - i) \bmod n.$$

Тогда $NTR(P) = I \setminus \tilde{K}$.

Пример. Пусть

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 1 & 6 & 8 & 10 & 4 & 9 & 5 & 2 & 13 & 3 & 11 & 7 & 12 \end{pmatrix}.$$

Определим множество $I = I(P) = \sigma(P) \cup \sigma(\tilde{P})$, используя теорему 3.

$$\chi(P) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 13 & 11 & 9 & 2 & 8 & 12 & 10 & 5 & 4 & 7 & 1 & 3 & 6 \end{pmatrix}.$$

$$C_1 = \{1,13,6,12,3,9,4,2,11\}; \quad C_2 = \{5,8\}; \quad C_3 = \{7,10\}.$$

Самосмежным является только цикл C_1 . Верхние компоненты связности для этого цикла – это множества $\{1,2,3,4\}, \{6\}, \{9\}, \{11,12,13\}$. Исключая из них минимальные элементы, получаем: $q = \{2,3,4\} \cup \{12,13\} = \{2,3,4,12,13\}$.

На основании теоремы 3 получаем: $\sigma(P) = q_1 = \{2,3,4,12,13\}$,

$$\tilde{P} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 12 & 7 & 11 & 3 & 13 & 2 & 5 & 9 & 4 & 10 & 8 & 6 & 1 \end{pmatrix}.$$

$$\chi(\tilde{P}) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 5 & 13 & 10 & 9 & 1 & 11 & 6 & 4 & 8 & 3 & 7 & 2 & 12 \end{pmatrix}.$$

$$C_1 = \{1,5\}, C_2 = \{2,13,12\}; \quad C_3 = \{3,10\}, C_4 = \{4,9,8\}, C_5 = \{6,11,7\}.$$

Самосмежными являются циклы C_2, C_4, C_5 . Множества верхних компонент связности для $C_2 - \{12,13\}$, для $C_4 - \{8,9\}$, для $C_5 - \{6,7\}$. Исключив из них минимальные элементы и взяв объединение, получим, что $\sigma(P) = \{13,9,7\}$.

Таким образом, $I(P) = \sigma(P) \cup \sigma(\tilde{P}) = \{2,3,4,12,13,9,7\}$; $K(P) = \{3\}$, $\tilde{K}(P) = \{2\}$.

Следовательно, $NTR(P) = I \setminus \tilde{K} = \{1,2,3,4,7,9,12\} \setminus \{2\} = \{1,3,4,7,9,12\}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винберг Э.Б. Курс алгебры. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Факториал Пресс, 2001. -544с.
2. Корнева И.П. Специальные главы математики: учебное пособие. - Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. - 101с.
3. Корнева И.П. Исследование сложных многоэлементных систем со структурной динамикой с применением теории графов. Известия БГАРФ, №1(51).- Калининград: Изд-во БГАРФ, 2020. - с.123-125.

INVESTIGATION OF EMBEDDINGS OF GEOMETRIC REALIZATIONS OF PLANAR SUBSTITUTIONS IN THE PLANE

Korneva Irina Petrovna, Associate Professor

Baltic fishing fleet state academy FSBEI HE "KSTU",
Kaliningrad, Russia, e-mail: irakorнева@list.ru

The article gives the basic definitions of applied geometric theory of graphs and their embeddings, the theory of substitutions of linear algebra. And taking into account the fact that the elements of the group of automorphisms of graphs are permutations acting on the set of vertices of the graph, the singularities of embeddings in R^2 for a special class of graphs - geometric realizations of planar permutations are investigated.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИИ

Кочановская Елена Васильевна, доцент, канд. пед. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: kochanet@mail.ru

Сегодня парадигма образования определяется ориентацией на информационную культуру, на всеобщую компьютерную грамотность.

Создание учебно-методического мультимедийного комплекса (УМК) для приобретения знаний и навыков в области практической химии направлено на повышение эффективности и качества учебного процесса путем использования современных методов и средств обучения, включающих компьютерные технологии. Применение новых технологий обучения не исключает, тем не менее, традиционных классических форм обучения [1].

Поиск оптимального сочетания современных компьютерных технологий с традиционными формами проведения лабораторных работ осуществляется в рамках инициативной поисковой прикладной научно-исследовательской работе по теме: «Информационный учебно-методический мультимедийный комплекс по химии КГТУ». Формирование познавательной самостоятельности у студентов в университете основывается на методологических подходах: дифференцированном, системном, личностно-ориентированном и структурно-функциональной связности [2].

Одной из основных функций УМК является диагностическая функция. С этой целью в рамках УМК разрабатывается система компьютерного тестирования (СКТ). СКТ может использоваться на разных стадиях обучения. В ходе процесса обучения студент должен научиться приобретать и применять знания, уметь работать с этой информацией. В рамках УМК разрабатывается модель «электронного учебника»

УМК включает следующие компоненты:

- 1) мотивационный.: развивает инициативу студентов по самопроверке достигнутого индивидуального уровня знаний, навыков и умений;
- 2) предметно-практический: студенты приобретают навыки работы с компьютером, накапливают умения оценивать знания, при этом компьютерная программа предусматривает сценарий ответных действий – приобретаются умения саморефлексии;
- 3) эмоциональный: роль компьютера заключается в создании психологической структуры; формировании адекватной оценки у студентов своих действий;
- 4) интеллектуальный: студенты учатся приобретают умения вариативности, схематизации, критичности;
- 5) волевой: формирует умения гасить посторонние отвлечения.

Для совершенствования системы текущего контроля работы студентов, введена баллово-рейтинговая система и, с этой же целью разрабатывается система компьютерного тестирования. На кафедре создана и внедрена в учебный процесс компьютерная программа-тест. В результате СКТ происходит объективный контроль знаний, и у студентов пропадают всякие сомнения в не-объективности оценки своих знаний. Вопросы содержат графические вставки, схемы, формулы, компьютер дает возможность свободного передвижения по тесту. Тест имеет цветовую гамму, звуковое сопровождение, мультимедийные фрагменты к заданиям, гипертекстовые переходы, что делает процесс тестирования более наглядным, интересным и создает комфортную обстановку во время прохождения тестирования на лабораторных занятиях, коллоквиумах, зачетах.

К СКТ предъявляются следующие требования:

- 1.тестовые вопросы должны содержать графические вставки, схемы, формулы,
- 2.тест мультимедийные фрагменты,

3.должна поддерживаться возможность свободного передвижения по тесту за счет, в частности, гипертекстовых переходов, что сделало бы процесс тестирования более наглядным, интересным и создало комфортную обстановку во время прохождения тестирования на лабораторных занятиях, коллоквиумах, зачетах

4.в тест включаются элементы учебных знаний, которые выполняют роль опорного каркаса,

5.вопросы теста должны быть научно достоверные, не рекомендуется использовать спорные в научном плане материалы,

6.по каждому тематическому разделу задания должны варьироваться по уровню сложности: от легких, до средних и трудных;

7. поэтому задания должны быть ориентированы на быстрое решение;

8.авторский набор заданий должен в идеале представлять собой сбалансированный авторский текст, должна прослеживаться согласованность вопросов, по которым можно произвести контроль студентов;

9.при составлении тестов учитывается учебный элемент темы, значимость темы по химии для студентов разных специальностей.

Как видно из предыдущего материала, многие составляющие сформированного к данному моменту на кафедре химии УМК включают элементы тестирования и индивидуальной работы студентов. Тем не менее, отмечаются следующие недостатки сложившейся технологии:

1.отсутствует дифференцированный системный подход к решению задачи тестирования и не обеспечена информационная целостность всего УМК;

2.не предусматривается сетевая технология тестирования, которая позволяла бы преподавателю осуществлять контроль и оценку знаний;

3.в разрозненных тестирующих модулях отсутствует единая идеология организации тестовых заданий, что не обеспечивает удобства работы студента;

4.отсутствуют средства модификации имеющихся и создания новых тестовых заданий с применением графических, анимационных и прочих элементов для наиболее полного представления тестируемого материала, что отличало бы компьютерное тестирование от обычного;

5.схема упрощенных компьютерных возможностей не позволяет использовать имеющиеся в на кафедре программы для «Органической химии», «Биохимии», где требуется дополнительные графические вставки и рисунки, анимации.

В перспективе возможно проектирование самоорганизующейся тестирующей системы, которая на основе статистики об обучаемом могла бы формировать персонифицированный учебно-методический и тестирующий материал.

На протяжении последних лет сотрудники кафедры химии создают собственные методические материалы для реализации новых технологий обучения и пополняют обучающую медиатеку сторонними разработками, формируя тем самым УМК по изучению химии.

В процессе внедрения информационного учебно-методического комплекса в учебный процесс была организована работа в компьютерном классе кафедры химии, которая позволила студентам в удобное для него время освоить учебный материал: разработан по темам учебной программы пакет карт-схем, по которым студент, в комфортной обстановке и диалоговом режиме может индивидуально рассмотреть, изучить или повторить учебно-методический и информационно-справочный материал, представленный на компакт-дисках. Имеются карты-схемы для индивидуальной работы в компьютерном классе на основе материала, представленного на компакт-дисках (всего в видеотеке собрано 11 компакт-дисков).

Для самоконтроля и самостоятельного освоения алгоритмов решения задач, студентам предлагается компьютерная программа «Задачник». Для приобретения навыков и умений решения практических задач студентам предлагается компьютерная программа «Задачник» (программа создана совместно преподавателями и студентами кафедры «Химия»), в которую вошли задачи с методическими рекомендациями по разделам: 1) атом, химический элемент; 2) основные законы т.д.

Присутствие анимации, цветового восприятия, элементов управления позволяет переходить из одного раздела в другой, возвращаться к предыдущему материалу, приостановить выполнение задания или вновь к нему вернуться, т.е. предоставить студенту изучить материал в индивидуальном режиме; общение с компьютером в диалоговом режиме поддерживается с целью проверки качества усвоения и дальнейшего закрепления знаний. Программа «Задачник» позволяет студенту

рассмотреть вопросы по данной теме, решения задач, уравнений; если выявляются затруднения, то на экране появляется методическое указание, которое нацелено на поэтапное изучение материала и его закрепление, есть возможность сразу просмотреть решение данной задачи, а затем в ней методическое указание, с тем, чтобы затем самому решить новую.

Функция познавательной самостоятельности информационного учебно-методического комплекса предполагает студенту осуществить поиск основных понятий, вопросов и проблем изучаемой темы в WWW-системе, в виртуальных библиотеках и иных источниках информации. В обязанности педагогов кафедры химии входит обеспечения студентов алгоритмическими предписаниями их деятельности в сети Internet, обеспечения доступа к информационному пространству (в компьютерном классе кафедры химии имеется доступ в сеть Internet). Такой подход к учебной деятельности значительно облегчает поддержание базы знаний студентов в актуальном состоянии, их обновление, добавление новых сведений по изучаемой теме.

В рамках УМК организована индивидуальная работа на кафедре химии: разработан, по темам учебной программы, пакет карт-схем, по которым студент в комфортной обстановке и диалоговом режиме может индивидуально рассмотреть, изучить или повторить материал, представленный на компакт-дисках; наглядно представить на дисплее компьютера весь учебный материал и пособия (схемы, рисунки, таблицы, графики, текст); осуществить самоконтроль усвоения учебных тем и всей дисциплины в целом; получить информацию о дополнительном изучении тем; позволяет повысить технологичность работы преподавателя и развивает индивидуальность студента.

При обучении предметам естественно-научного цикла студентам в вузе дается определенный объем знаний, предписанный государственным стандартом, и преподаватель не ставит перед собой задачу обучить студента дальнейшему самостоятельному развитию теоретических и практических навыков.

Важным условием выхода из данной кризисной ситуации мы считаем применение новых компьютерных технологий обучения, а также основанных на игровых методах обучения.

В арсенале преподавателей накапливаются комплексы видео-, компьютерной и мультимедийной презентации, которая позволяет решать основные задачи в процесса изучения химии. Постепенно собирается материал для мультимедийного сопровождения лекций. В частности, студентами-первокурсниками, под руководством преподавателя по дисциплине «Химия» созданы презентации по темам учебного процесса. Программное обеспечение по теме «Окислительно-восстановительные реакции» включает 79 слайдов, позволяет наглядно представлять с использованием технических средств (схемы - 19-слайдов, рисунки – 7 слайдов, таблицы 6-слайдов, фотография ученого -1 слайд). Для показа эксперимента во время лекции используется современное оборудование «документ-камеры», для демонстрации видеофильма «Окислительно-восстановительные реакции» - видеопроставка мультимедийного комплекса.

Студенты активно сами создают презентации, при составлении которых студент приобретает определенные умения - осознанно воспринимать изучаемый материал, анализировать и выбирать главное, представлять информацию одновременно в виде анимации, звука, видеозаписей, текстов, что обеспечивает восприятие информации сразу несколькими органами чувств.

Вопреки традиционному представлению о том, что лекцию должен вести непременно преподаватель, в практику преподавания предмета «ХИМИЯ» входит проведение фрагментов лекций студентами. Чтобы планировать проведение лекции, студентам-лекторам требуется осмысленно изучить учебный материал, а преподавателю убедиться в качестве полученных знаний. Самостоятельное проведение лекции накладывает на лекторов большую ответственность. Главными требованиями для оценки качества лекции являются:

- научность, доказательность, аргументированность;
- логичность раскрытия излагаемых вопросов;
- выявление главных мыслей и положений.

Задача лектора заключается в предоставлении студенту возможности осмысленного конспектирования материала. После консультации с преподавателем студенты выбрали изложение материала в виде проблемной лекции, которая основана на получении студентами новых знаний и умений через самостоятельный поиск и преодоление трудностей при решении проблемы. Процесс разрешения проблемы реализуется в трех фазах:

- моделирование проблемной ситуации;

- выделение нескольких гипотез или путей решения;
- проверка решения и систематизация полученной информации.

Проект «учебное видео» является одним из средств изучения химии, в основе которого лежит развитие исследовательских способностей студентов, навыков и умений самостоятельно передвигаться в информационном пространстве, использования приобретенных знаний в процессе изучения.

Основные требования к проекту «учебное видео»: 1) упорядоченность по смыслу и методике подаче учебного материала; 2) эффективность «привязки» информации к определенному разделу; 3) познавательная значимость, предполагаемого материала; 4) корректируемость.

Проект «учебное видео» имеет ряд особенностей: 1) способствует развитию самомотивации (возрастает интерес и увлеченность); 2) практичность процесса обучения т.к. демонстрируются конкретные опыты, что позволяет отвлечься от чистой теории, 3) наглядность (70% информации воспринимается визуально).

На кафедре химии снят ряд видеофильмов: «Комплексные соединения», «Кинетика», «Окислительно-восстановительные реакции».

Необходимо помнить, что проект «учебное видео» используется для повышения эффективности, наглядности, комфортности процесса изучения химии, и используется совместно с традиционными формами обучения. Использование новейших компьютерных технологий в учебном процессе определяет диапазон педагогических средств, применение которых поможет достичь желаемого результата, стимулировать раскрытия внутренних резервов каждого студента, развития его индивидуальности (О.С. Гребенюк, Т.Б. Гребенюк):

в мотивационном компоненте – направленность на самостоятельный поиск нужной информации, стремление включения ее в систему естественнонаучных знаний;

интеллектуальном компоненте – анализ и синтез полученной информации; используя современные компьютерные технологии; четко осознавать где и каким образом приобретенные знания могут быть применимы в процессе изучения химии; быть способным генерировать новые идеи, творчески мыслить, устанавливать статистические закономерности; в волевом компоненте – развивает убежденность в том, что развитию самостоятельной деятельности способствует не только процесс усвоения естественнонаучных знаний, но и способы поиска новой информации, убежденность в своей готовности к дальнейшему обучению в вузе; в предметно-практическом компоненте - навыки работы с компьютером, систематизация информации, умения оценки, компьютерные программы предусматривают сценарий ответных действий; в эмоциональном компоненте – адекватная оценка своих действий, исчезает чувство страха в освоении компьютерных технологий.

При разработке обозначенного пути принята за основу концепция семи сфер и формирования индивидуальности, разработанная О.С. Гребенюком. В этой концепции, определены общие цели развития индивидуальности. Перед нами встала задача формирования познавательной самостоятельности студентов используя метод проектов, опираясь на концепцию индивидуальности.

В ходе выполнения проекта происходит развития и интеллектуального компонента: познавательных умений, знаний, происходит опора в ходе работы на самостоятельное мышление, в результате чего развивается способность абстрагировать и обобщать, сравнивать, рассуждать, делать выводы, доказывать, встают вопросы перед необходимостью самостоятельно сравнивать различные объекты, находить в них сходное и различное, делать обобщения и выводы. В ходе работы происходит развитие мышления в различных его видах, качеств ума, мыслительных навыков, познавательных процессов. При этом у студентов появляются интеллектуальные способности – рефлексии, анализа, планирования, активизация механизмов самостоятельной интеллектуальной деятельности.

Развитие происходит и предметно-практического компонента так как, студент учится грамотно работать с информацией. В процессе выполнения проекта происходит приобретения коммуникативных навыков и умений.

Метод проектов дает возможность для развития компонента саморегуляции; по мере перенесения общих химических знаний в жизнь, где студенты могут самостоятельно принять решение или сделать вывод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин Ю.А. Компьютеризированные технологии в процессе предметной подготовки учителя. //Педагогика, 2003, № 8, с. 53 – 59.
2. Коджаспирова Г.М., Петров К.В. ТСО и методика их использования. - М., 2002.

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF COGNITIVE INDEPENDENCE OF STUDENTS IN THE PROCESS OF STUDYING CHEMISTRY

Kochanovskaya Yelena Vasilevna, Dr., Associate Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail:kochanet@mail.ru

This work contains structure of cognitive independence of KSTU technical departments students and humanities departments students of IKSUR using modern studing technologies.

New requirements of organizing education in High school are the development of conditions providing the effective professional activities graduates considering the rapid changes of the content of labor and the necessity of effective knowledge updating.

УДК 378.147

НОВЫЕ ЗАДАЧИ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОНЛАЙН В УНИВЕРСИТЕТАХ СЕГОДНЯ

Лидер Андрей Маркович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой –
руководитель отделения на правах кафедры, Отделение экспериментальной физики,
Инженерная школа ядерных технологий ТПУ

Слесаренко Инга Валерьевна, канд. пед. наук, доцент, доцент Учебно-научного
центра Организации и технологии высшего профессионального образования ТПУ

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
Томск, Россия, email: lider@tpu.ru

Статья посвящена важным вопросам современного этапа развития высшего образования. Обсуждаются изменения в задачах университета по организации учебной деятельности в связи с беспрецедентными условиями скоростного перевода учебного процесса в онлайн формат. На примере опыта работы Томского политехнического университета (ТПУ) уточнены задачи и описаны функции преподавателя инженерно-технической подготовки по организации и реализации учебного процесса онлайн. Предложено видение модели гибкого гибридного обучения в университете для организации инженерно-технической подготовки по очной форме обучения в условиях новых вызовов.

Смешанное или гибридное обучение внезапно стало самым востребованным трендом образования, вызванным быстрым распространением пандемии. Университеты оказались перед необходимостью ввода жестких ограничений на личное учебное взаимодействие и скоростного перевода учебного процесса онлайн [1,2,3,4]. В новых условиях онлайн обучения существенно изменились задачи и функции преподавателя, от профессиональных педагогических компетенций ко-

того во многом зависит эффективность организации и реализации учебного процесса в условиях новых вызовов.

Среди задач и функций профессиональной деятельности преподавателя, реализующего учебный процесс онлайн, исследователи выделяют три основные группы, связанные со следующими областями деятельности [5]:

- разработка учебно-методического обеспечения и организация деятельности обучения (администрирование учебного процесса): целеполагание, планирование, структура, оценивание и компоненты учебной дисциплины;

- поддержка мотивации к обучению: вовлечение, мотивирование студентов к достижению результатов обучения;

- прямое инструктирование (непосредственно деятельность преподавания): поддержка в освоении учебного материала.

Анализируя опыт работы ТПУ в условиях реализации онлайн формата учебной деятельности, соотнесем задачи и функции преподавателя со следующими группами задач, которые решает университет по организации научно-образовательного процесса сегодня:

- организационно-методические задачи, связанные с анализом, учетом специфики и внедрением различных форматов онлайн обучения (моделей смешанного, гибридного, онлайн обучения), включая ресурсное обеспечение учебного процесса;

- учебно-методические (дидактические) задачи, в область которых входит дидактический анализ с целью определения специфики основной образовательной программы, учебной дисциплины для реализации онлайн, адаптация и/или разработка нового учебно-методического обеспечения;

- психолого-педагогические задачи переоснащения учебного процесса, в том числе в целях развития и актуализации стратегий обучения и научения, создание условий для развития профессионально значимых умений студентов, включая умения самоорганизации учебной деятельности, расстановки приоритетов, планирования своего дня, саморефлексии и самооценивания в обучении, тайм менеджмента и других профессионально значимых умений;

- стратегические задачи развития научно-образовательной деятельности, что подразумевает разработку новых подходов, задач, мероприятий по организации и реализации научно-образовательной деятельности университета в беспрецедентных условиях пандемии.

Сегодня задачи по переоснащению учебного процесса реализуются в основном преподавателями, как ключевыми участниками и организаторами обучения. Взаимоувязанный характер задач университета, задач и функций профессиональной деятельности преподавателя, форматы учебного взаимодействия, реализуемые в соответствии с задачами университета для организации и реализации учебного процесса в онлайн формате представлен в таблице 1, ниже.

Таблица 1

Задачи университета и функции преподавателя в онлайн обучении сегодняшнего этапа

Задачи университета и функции преподавателя	организационно-методические задачи	учебно-методические (дидактические) задачи	психолого-педагогические задачи
администрирование учебного процесса	дидактический анализ и выбор формата и модели обучения (онлайн, гибридное, смешанное обучение); анализ дидактического потенциала имеющихся электронных ресурсов в целях преподавания; привлечение электронных ресурсов: образовательная среда LMS Moodle, системы видеоконференций, системы виртуальных учебных комплексов, другие электронные среды и инструментари; новые	дидактическая адаптация основной образовательной программы для выбранного формата и модели онлайн или гибридного обучения; дидактическая адаптация учебной дисциплины для выбранного формата и модели онлайн или гибридного обучения	проектирование опций обеспечения обратной связи между преподавателем и обучающимися, между обучающимися; интеграция форматов группового обучения онлайн – переформатирование учебной дисциплины для обеспечения активного взаимодействия

	регламенты процессов учебной деятельности для реализации в онлайн формате		
прямое инструктирование (деятельность преподавания)	реализация учебного процесса в комбинированных форматах: задания синхронного и асинхронного формата в электронном курсе LMS Moodle (в т.ч. форумы, чаты), вебинары, устные и письменные задания, сообщаемые, в т.ч. посредством электронной почты, персональной страницы преподавателя, облачного хранилища file.tpu.ru, размещение инструкций в электронном курсе, других инструментариях	подготовка обучающихся и информационных материалов для студентов: - подробное описание специфики учебной дисциплины и измеряемых учебных достижений; - детальные инструкции к выполнению заданий; - поэтапное проектирование и четкое целеполагание самостоятельной работы – инструкции к выполнению заданий	групповые и индивидуальные консультации; обратная связь посредством форумов, чатов, видеоконференций, электронной почты, телефона; дополнительный учебный формат – совместное подведение итогов учебной деятельности (в рамках текущего, промежуточного и итогового контроля)
поддержка мотивации к обучению, формирование и сохранение чувства вовлеченности и общности в выполняемой учебной деятельности	индивидуальная и групповая переписка; размещение учебных материалов на персональной странице преподавателя, в облачном хранилище file.tpu.ru; разработка дополнительных инструкций для саморефлексии и анализа собственного прогресса в обучении; детальное представление критериев оценивания видов деятельности, отдельных заданий; привлечение обучающихся к разработке критериев оценивания видов деятельности и отдельных заданий	реализация принципа опережающей самостоятельной работы; внедрение форматов взаимного оценивания индивидуальных и групповых заданий; внедрение заданий по дидактическому анализу и планированию собственной учебной деятельности (формулирование студентами целей и результатов занятия, задания, серии заданий; разработка плана выполнения заданий самостоятельной работы на семестр обучения, подготовка обучающимися заданий текущего контроля; делегирование роли преподавателя обучающемуся, например, роли модератора, - внедрение формата «приглашенный эксперт» для организации групповой работы студентов, др.)	разработка и внедрение рефлексивных компонентов обучения онлайн: анализ потребностей, анкетирование, другие опции обратной связи, инструменты оценивания, самооценивания, взаимного оценивания; разработка и внедрение нового компонента учебной дисциплины - серия заданий в целях развития умений планирования, самоорганизации учебной деятельности; разработка и внедрение нового компонента учебного процесса в рамках основной образовательной программы: инструкции и полезные советы по организации режима дня, связанного со спецификой учебной деятельности, советы и задания по расстановке приоритетов, планировании учебного и свободного времени

Онлайн формат в данном контексте подразумевает реализацию форматов учебной дисциплины, сопоставимых с электронной средой [6] в течение длительного периода, например, семестра. Существенные изменения в содержательном наполнении функций профессиональной деятельности преподавателя произошли, как указано выше, в силу невозможности реализовывать очную форму общения и обучения непосредственно при личном участии преподавателя и студента, на занятиях, консультациях, в других форматах учебного взаимодействия в весеннем семестре 2019/2020 учебного года.

Как показал опыт работы ТПУ, организация научно-образовательного процесса онлайн потребовала взаимоувязанного решения организационно-методических, учебно-методических (дидактических) и психолого-педагогических задач. Все группы задач обслуживаются ключевым критически важным умением преподавателя – умением педагогического форсайта, уровень развития которого должен оказаться очень высоким для эффективного обеспечения учебного процесса в онлайн формате. Данное умение интегрально и предполагает, что преподаватель способен не только спроектировать учебную дисциплину по темам, модулям, на семестр, но и увидеть ее специфику в целях трансформации содержательного наполнения в формат заданий для электронной среды, организации дистанционного взаимодействия обучающихся. Другой стороной педагогического форсайта является способность

предвидеть возможные трудности, связанные со степенью сложности материала, потенциальными временными и эмоциональными, другими затратами обучающихся на выполнение заданий [7, 8]. Реализация данного умения приводит, в том числе, к изменениям в профессиональных ролях преподавателя в онлайн обучении. В целях онлайн обеспечения учебного процесса преподаватель выполняет новые роли – коучера, модератора, онлайн тьютора [1, 9].

Понимание новой специфики деятельности преподавателя дает возможность предлагать новые решения по обеспечению учебной деятельности университета в целом. Решение группы задач стратегического развития научно-образовательной деятельности университета потребует анализа полученного опыта работы российских и зарубежных университетов в новых условиях реализации учебного процесса. Сегодня, учитывая приобретенный опыт онлайн организации учебного процесса, ТПУ предлагает новый подход к организации учебного процесса на принципах гибридного обучения. Особенностью реализации гибридного обучения в университете является возможность предусмотреть различные опции проведения занятий для части студентов, которые находятся на кампусе университета, и той части студентов, которые будут осваивать учебную дисциплину онлайн, не приезжая на место учебы. Особенностью гибридного обучения является предоставление выбора студентам очного или онлайн посещения занятий без штрафных баллов. Отметим, также, что если занятие требует очного участия для овладения умениями, то данное требование будет указано по отношению к учебной дисциплине или теме занятия. Таким образом, преподавателю необходимо обучать две студенческие аудитории одновременно: очно в учебной аудитории и онлайн, транслируя занятие. В этой связи уточняется понимание гибридного обучения как системы взаимоувязанных форматов онлайн и очного обучения на занятиях, сопровождаемого коучингом, поддерживаемого информационными технологиями для выполнения конкретных видов практико-ориентированных заданий [10]. Варианты такой модели гибридного обучения «Гибкое гибридное обучение» апробированы за рубежом в разных образовательных контекстах [11].

Представляется, что гибридное обучение в ТПУ может строиться на следующих принципах:

- сочетание, комбинирование форматов информационных и web-технологий (например, виртуальное занятие, проводимое в синхронном режиме с опцией видеоконференции; воспроизведение и загрузка аудио и видеоконтента; размещение текстовых данных с целью достижения задач обучения, др.);
- сочетание различных педагогических подходов к обучению с целью формулирования учебных достижений и получения оптимального результата обучения с использованием или без применения информационных технологий в обучении (например, освоение учебного материала с опцией самоорганизации и самооценивания самостоятельной работы; обучение в сотрудничестве; взаимное оценивание; опережающая самостоятельная работа);
- сочетание, комбинирование различных средств информационных технологий в обучающих целях (обучение в электронной среде, электронные образовательные инструментари и тренажеры; видео и аудиоресурсы; онлайн консультации и онлайн обратная связь в вебинарах, форумах, чатах, др.);
- применение информационных технологий для предъявления и выполнения конкретных видов практико-ориентированных заданий в рамках инженерно-технической подготовки;
- максимальное приближение форматов онлайн заданий и дистанционного взаимодействия к реальным условиям и форматам выполнения студентами будущей профессиональной деятельности [12];
- использование методов активного обучения, инструментов обратной связи для создания вовлеченности, поддержания мотивации к обучению [13].

Несмотря на то, что гибридное обучение позволяет гибко планировать отдельные этапы обучения, задействовать визуальные средства при объяснении материала, не все форматы учебной деятельности в инженерно-технической подготовке, как, например, лабораторные работы, полевые практики, возможно реализовать онлайн. Для эффективной организации научно-образовательного процесса потребуются четкое видение специфики и архитектуры учебной дисциплины, видение места учебной дисциплины в основной образовательной программе, гибкий подход и вариативность в применении разнообразных форматов и моделей онлайн, гибридного обучения, формы реализации которого взаимоувязаны со спецификой формируемых навыков и умений студентов. Другой важной задачей организации онлайн обучения остается формирование и поддержка мотивации к обучению, создание и сохранение вовлеченности и чувства принадлежности к учебной группе, занятой одним общим проектом – освоением учебной дисциплины, получением практических навыков профессиональной деятельности. Немаловажным фактором в эффективной реализации учебного процесса онлайн остается

методическая и психологическая готовность преподавателя, а также психологическая и учебная готовность студентов встретиться в учебном процессе онлайн.

Модель «Гибкое гибридное обучение» запланирована к внедрению в ТПУ в 2020/2021 учебном году. Модель может поддерживать следующие учебные форматы онлайн занятий и очных занятий с личным присутствием в малых группах: лекционные, семинарские, практические занятия, лабораторные работы (виртуальные, онлайн), проектную деятельность (очное и заочное взаимодействие), практики (очное и заочное взаимодействие). Внедрение данной модели потребует реорганизации учебной деятельности, форматов взаимодействия студентов и преподавателя на занятиях и во внеучебное время. Одним из основных условий реализации модели станет предоставление таких форматов учебной деятельности во всех формах участия, которые приведут к эквивалентно равным результатам обучения. Модель может стать национальной моделью обучения в текущем периоде и далее, в процессе развития системы гибридного обучения в университетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McKinsey Report. COVID-19 and US higher education enrollment: Preparing leaders for fall. May, 2020. P.10.
2. QS Report. How Universities Can Support and Protect Prospective and Current Students in the Upcoming Academic Year. June, 2020. P.18.
3. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.03.2020 г. № 397 «Об организации образовательной деятельности в организациях, реализующих образовательные программы высшего образования и соответствующие дополнительные профессиональные программы, в условиях предупреждения распространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации». URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru>
4. Приказ ТПУ от 16.03.2020 г. № 76-14/об «О мерах по организации образовательной деятельности с использованием технологий электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (в тестовом режиме)»
5. Faridah Pawan, et. al. Teaching Presence in Online Teaching. TESOL, 2016. P.14.
6. Caulfield Jay. How to design and teach a hybrid course: achieving student-centered learning through blended classroom, online, and experiential activities (1st ed). Sterling, Va: Stylus Pub. 2011. P. 265.
7. Bernard, Robert M.; Borokhovski, Eugene; Schmid, Richard F.; Tamim, Rana M.; Abrami, Philip C. A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: from the general to the applied // Journal of Computing in Higher Education, 26(1), 87–122, April, 2014. <http://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3>
8. Cundell Alicia; Sheepy Emily. Student Perceptions of the Most Effective and Engaging Online Learning Activities in a Blended Graduate Seminar // Online Learning. 22 (3). P. 87 -102. September, 2018. 10.24059/olj.v22i3.1467.
9. Acemian Nancy. The impact of learner-controlled blended instruction on academic achievement: A mixed method exploratory case study. PhD thesis, Concordia University. 2013. P. 210. URL: <https://spectrum.library.concordia.ca/978197/>
10. Friesen Norm. Report. Defining Blended Learning. August, 2012. P. 10.
11. Lieberman Max. Introducing a New(-ish) Learning Mode: Blendflex/Hyflex. January 24, 2018. URL: <https://www.insidehighered.com>
12. Staker Heather; Horn B. Michael. Classifying K-12 Blended Learning. Innosight Institute. May, 2012. P. 22.
13. Scott Freeman, Sarah L. Eddy, Miles McDonough, Michelle K. Smith, Nnadozie Okoroafor, Hannah Jordt, and Mary Pat Wenderoth. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics // PNAS June 10, 2014 111 (23). P.8410-8415; first published May 12, 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

NEW GOALS AND FORMATS TO ENABLE ONLINE TEACHING PROVISION FOR UNIVERSITY ENGINEERING TRAINING TODAY

Lider Andrey Markovich, PhD in Engineering, Full Professor, Head of Department and Division of Experimental Physics, TPU School of Nuclear Science and Engineering
Slesarenko Inga Valerevna, Cand. Sci. (Education), Assoc. Professor, TPU Training and Research Center for University Management

National Research Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, Russia, e-mail: lider@tpu.ru

The paper is devoted to several important issues of the current stage of higher education development. Changes in university goals in teaching provision are discussed in relation to unprecedented dynamic shift of university offered training into online format. Based on Tomsk Polytechnic University (TPU) experience the objectives and functions of instructors in engineering courses are specified and described in relation to online teaching and learning process organisation. The vision of flexible hybrid model is proposed for engineering training as a response to new challenges.

УДК 37.04

ИГРОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГА-ЛОГОПЕДА

Лутовинова Анастасия Михайловна, аспирант

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: lutovinova.asya@yandex.ru

В работе рассматриваются возможности игровых компьютерных технологий как перспективного инструмента профессиональной деятельности педагога-логопеда. Рассмотрены основные аспекты исследования и результаты. Особое внимание уделено модели профессиональной деятельности педагога-логопеда и созданию педагогических условий необходимых для применения игровых технологий.

Актуальность исследования обусловлена тем, что дети с речевыми нарушениями часто имеют неустойчивую психику, у них наблюдаются нестабильное психоэмоциональное состояние, пониженная работоспособность и быстрая утомляемость [1]. Современный мир предъявляет высокие требования к личности человека. Желательно, чтобы все развивались гармонично во всех сферах жизни. Для этого особое внимание уделяется социализации ребенка, для которого важно своевременное выявление и устранение важных для них языковых ошибок, поскольку они влияют на общее интеллектуальное развитие, влияют на деятельность и поведение детей. В профессиональной деятельности педагога-логопеда игровые образовательные технологии являются одной из форм реализации образовательного процесса, однако потенциал применения в педагогической деятельности современных компьютерных игр с коллективным взаимодействием не раскрыт. По нашему мнению, использование в логопедической практике игровых компьютерных технологий может стать эффективным дополнением к общепринятым наиболее популярным классическим технологиям и методикам, разработанным в середине-конце XX века.

В результате исследования определены основные направления деятельности педагога-логопеда. Выяснено, что преподаватели все чаще сталкиваются с проблемой нарушения языкового

развития у детей дошкольного возраста, что означает необходимость своевременной организации коррекционной помощи для достижения образовательной цели ребенком. В результате построена структурно-функциональная модель профессиональной деятельности педагога-логопеда (рис.1).

Диагностическая деятельность логопеда включает в себя: тщательное обследование ребенка, в котором определяются индивидуальные особенности развития языка и причины проблем в развитии, воспитании, образовании и социализации ребенка. Логопед проводит подробное логопедическое обследование в первые две недели сентября (с 1 по 15 сентября) и в последние две недели учебного года (с 15 по 31 мая) [2].

Коррекционно-развивающая деятельность логопеда включает в себя: реализацию программ коррекции и развития с учетом возраста и особенностей учащихся, структуры дефекта и поддержки преподавательского состава в индивидуализации развития, образования и воспитание ребенка [2].

Консультационная деятельность включает: индивидуальное и групповое консультирование семьи и педагогов по вопросам языкового развития и общения детей, воспитания, психолого-педагогической компетентности родителей (или законных представителей) детей.

Организационно-методическая деятельность логопеда ДОУ включает в себя [3]:

- разработку методических рекомендаций для логопедов, воспитателей и родителей по оказанию логопедической помощи детям;
- перспективное планирование;
- изучение и обобщение передового опыта;
- участие в работе методических объединений учителей-логопедов; изготовление и приобретение наглядного и дидактического материала по развитию и коррекции речи.

Аналитическая деятельность включает в себя: отслеживание эффективности проводимой коррекционно-развивающей деятельности, т.е. выделение возможных положительных и отрицательных сторон этой деятельности, также возможность отследить динамику развития каждого ребёнка[3].

Каждое направление деятельности логопеда интегрировано в единый процесс психолого-педагогической поддержки и приобретает особую важность в контексте интегративного образования, так как он фокусируется не только на преодолении языковых расстройств у дошкольников, но и на их социализации и адаптации в обычной среде.

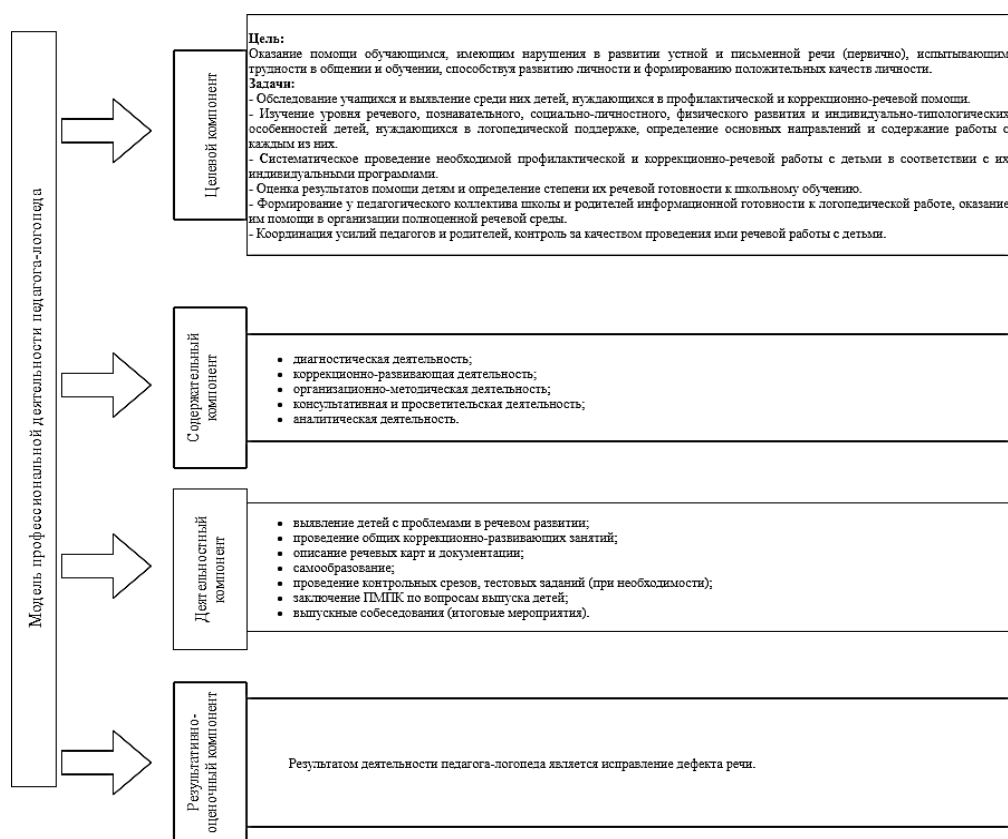


Рис. 1 – Модель профессиональной деятельности педагога-логопеда

Игровые образовательные технологии имеют большой потенциал с точки зрения основной образовательной задачи: формирования субъективной позиции ребенка по отношению к его собственной деятельности, его общению и себе.

Необходимость серьезных корректирующих намерений логопеда при работе с дошкольниками во время игры очевидна. Работа логопеда требует использования игровых техник в еще большей степени, чем при обычной образовательной деятельности. Во-первых, дошкольники даже не различают правильное произношение от неправильного на слух. У ребенка нет негативного отношения к своему дефекту, и он не пытается от него избавиться. В результате ребенок не будет применять усилия для устранения дефекта. Во-вторых, настройка и автоматизация звуков очень длинные и однообразные. Ребенок должен повторять артикуляционные упражнения, слова и предложения с определенным звуком бесконечное количество раз. Это сложно и неинтересно, и поскольку дети не хотят исправлять свой дефект любой ценой, курсы с логопедом очень скоро не будут приятными. Именно игра как основное занятие дошкольника преодолевает эти трудности. И поскольку современные дети буквально с рождения получают в свои руки телефоны или планшеты, их игры начинаются именно с применения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Поэтому нами сделан вывод о необходимости объединения использования игровых образовательных технологий и ИКТ в рамках формирования у педагога-логопеда дополнительной профессиональной компетенции «Способность и готовность применять игровые образовательные технологии для выявления и устранения дефектов речи дошкольников». В структуре этой компетенции выделены следующие основные компоненты:

1. Когнитивный – знание современных игровых технологий, способов их реализации, а также нормативной документации, регламентирующей применение компьютера в работе с дошкольниками.

2. Функциональный – умение использовать игровые технологии на базе ИКТ.

3. Мотивационный – стремление к профессиональному самообразованию, готовность применять современные игровые технологии на базе ИКТ.

4. Личностный – стрессоустойчивость, креативность, целеустремленность, любознательность, допуск к работе с детьми, доверие их родителей.

«Кооперироваться в учебном процессе – значит работать вместе, объединяя свои усилия для решения общей задачи, при этом каждый «кооперирующийся» выполняют свою конкретную часть работы» [4]. Если говорить о применении подобных принципов на уроках логопедии и при этом проводить взаимосвязь с игровыми компьютерными технологиями, получается, что игрок (ребенок) должен работать в кооперации с компьютерным героем. Этот герой, во-первых, должен стать для него неким идеалом, к которому следует стремиться. Во-вторых, ребенок должен подсознательно хотеть улучшить ситуацию, чтобы его герой также продвигался вперед. Смысл в том, что если ребенок выполняет задания правильно, то вместе с ним растет и уровень героя.

В результате анализа обоснован вывод о том, что логопедические игры относятся к классу кооперативных игр с нетрансферабельной полезностью, и построена теоретическая модель такой игры. С позиций педагога-логопеда, целевым результатом является устранение конкретного дефекта речи, однако для ребенка-дошкольника более понятной и конкретно достижимой целью является успешное прохождение игры, сопровождающееся похвалой от героя игры и, конечно, от педагога. Именно этот тип игрового взаимодействия в наилучшей степени мотивирует ребенка-дошкольника к устранению речевых дефектов под руководством педагога-логопеда.

В ходе исследования на основе этой теоретической модели разработан игровой образовательный комплекс Study Land. Наличие в нем главного героя, с которым взаимодействует ребенок во время логопедических занятий, позволяет сделать вывод об адекватности этого комплекса математической модели кооперативных игр. На данном этапе разработано два класса игр: на развитие воздушной струи и звукопроизношения.

Для того, чтобы грамотно использовать игровые компьютерные технологии, сформулированы педагогические условия их применения. Важным условием эффективности любого образовательного процесса является соблюдение определенных педагогических условий, которые можно определить как совокупность объективных возможностей содержания, форм, методов, средств и материально-пространственной среды, направленных на решение поставленных задач [5]. Как по-

казал анализ научно-педагогической литературы, в настоящее время чаще всего выделяются следующие группы педагогических условий [6]:

- организационно-педагогические;
- психолого-педагогические;
- дидактические условия.

Наиболее важными являются:

– организационно-педагогические – наличие необходимой аппаратно-программной базы, организация образовательного пространства, обеспечение соответствия образовательного процесса санитарным условиям;

– психолого-педагогические – наличие специализированного методического обеспечения для проведения занятий, формирование у обучающихся мотивации к развитию речевых навыков и исправлению дефекта речи, создание психологически комфортной среды;

– дидактические – создание методики и системы оценивания учебных достижений обучающихся, наличие пошаговой инструкции к каждой игре, поддержка высокого уровня мотивации к учению на протяжении всего образовательного процесса.

Учет и выполнение представленных условий способствует организации эффективных занятий логопедий, развитию мелкой моторики рук, логического мышления, творческих и командных способностей детей, а также формированию мотивации к последующему профессиональному изучению информационных технологий и трудовой деятельности.

Заключение. В ходе исследования изучена и теоретически обоснована возможность применения игровых образовательных технологий в профессиональной деятельности педагога-логопеда, построена структурно-функциональная модель этой деятельности. Предложена структура и содержание профессиональной компетенции педагога-логопеда в области применения компьютерных игровых технологий. В результате анализа особенностей применения игровых образовательных технологий в профессиональной деятельности педагога-логопеда обоснован вывод о том, что логопедические игры относятся к классу кооперативных игр с нетрансферабельной полезностью, и построена теоретическая модель такой игры. На основании построенной теоретической модели спроектирован и программно реализован игровой образовательный комплекс Study Land, предназначенный для прикладного применения в профессиональной деятельности педагога-логопеда. Сформулированы педагогические условия, выполнение которых позволяет организовать результативный образовательный процесс с учетом возрастных и психофизиологических особенностей целевой категории обучающихся, а также подготовлены методические рекомендации для педагога-логопеда по применению разработанного игрового образовательного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логопедия: Учебник для студентов дефектол. фак. пед. вузов / Под ред. Л.С. Волковой, С.Н. Шаховской. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2018. – 680 с.
2. Безрукова О.А., Каленкова О.Н. Методика определения уровня речевого развития детей дошкольного возраста - М.: Русская речь, 2010. – 110 с.
3. Инклюзивная практика в дошкольном образовании: методич. пособие для педагогов дошк. учреждений / под ред. Т.В. Волосовец, Е.Н. Кутеповой. – М.: Мозаика–Синтез, 2011.
4. Деева Е. М. Применение современных интерактивных методов обучения в вузе: практикум / Е. М. Деева. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 116 с.
5. Володин А.А., Бондаренко Н.Г. Анализ содержания понятия «Организационно-педагогические условия»//Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. 2014. №2. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-soderzhaniya-ponyatiya-organizatsionno-pedagogicheskie-usloviya> (дата обращения: 17.08.2020).
6. Жукова, Н.С. Преодоление недоразвития речи у детей / Н.С. Жукова. – М., 2017. – 132 с.

GAME COMPUTER TECHNOLOGIES – A PROSPECTIVE TOOL FOR THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A SPEECH THERAPIST

Lutovinova Anastasia Mikhailovna, PhD student of Department of Control Systems and Computer Engineering

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: lutovinova.asya@yandex.ru

The article examines the possibilities of gaming computer technologies as a promising tool for the professional activity of a speech therapist. The main aspects of the research and results are considered. Special attention is paid to the model of professional activity of a speech therapist, the creation of the necessary pedagogical conditions for the use of such technologies.

УДК 37.012.3.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРАВОВЕДЕНИЕ» В СВЕТЕ ТРЕБОВАНИЙ ФГОС ВО III ПОКОЛЕНИЯ

Маханек Анна Борисовна, канд. юрид. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail:mahaserg@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы формирования содержания и оценочных средств дисциплины «Правоведение» с учетом требований ФГОС ВО III поколения для подготовки специалистов в инженерной сфере деятельности. Исследуются общепрофессиональные компетенции, которые предусматривают формулирование навыков осуществления профессиональной деятельности с учетом правовых ограничений. Предлагается изменить содержание дисциплины «Правоведение», уделив основное внимание публичным и процессуальным отраслям права.

Федеральные образовательные стандарты (далее – ФГОС) поколения 3++, которые разработаны для подготовки специалистов в сфере инженерной деятельности, основаны на концепции инженерного образования CDIO («Conceive-Design-Implement-Operate»: «Планировать – Проектировать – Производить – Применять»). Данная концепция, возникшая в 1990-е годы в США, была обусловлена необходимостью подготовки квалифицированных кадров, которые соответствовали бы уровню требований, предъявляемым работодателями в условиях современного производственного процесса. Целью CDIO является разработка комплексного подхода к подготовке выпускников по техническим направлениям. В этой связи необходимо формулировать представление о том, какое место в подготовке специалистов технического профиля занимают гуманитарные дисциплины, которые традиционно изучаются на первом и втором курсах обучения. К таким дисциплинам относятся, в том числе, «Правоведение».

В ФГОС 3++ применяются новые подходы к содержанию гуманитарных дисциплин, которые направлены на формирование представлений об ограничениях в профессиональной деятельности. Так, например, ФГОС высшего образования - специалитет по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», утвержденный Приказом Министерства образования и науки РФ от 15 марта 2018 г. N 192, устанавливая общепрофессиональные компетенции, формулирует правовые и социальные аспекты содержания общепрофессиональной компетенции выпускни-

ка ОПК-1 следующим образом: «Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и правовых ограничений». Таким образом, если раньше целью дисциплины «Правоведение» было формирование у обучающихся объективных представлений о различных правовых явлениях окружающей действительности, а также овладение знаниями в различных отраслях права, то на современном этапе изучение права должно быть связано с ограничениями в сфере будущей профессиональной деятельности. Постараемся сформулировать основные направления изменения содержания и оценочных средств дисциплины «Правоведение» с учетом требований ФГОС 3++.

Как представляется, правовые ограничения в технической сфере деятельности следует рассматривать в широком смысле. В 1990-х годах в России после аварии на Чернобыльской АЭС были переосмыслены основы профессиональной подготовки и области инженерной деятельности. Разрешения и запреты в инженерной деятельности рассматривались не только как связь указанной деятельности с существующими возможностями производственной, научно технологической и социальной практики, но и в контексте запретов возможного негативного воздействия на природную среду [1, с. 19]. Было указано, что игнорирование гуманитарных знаний в деятельности инженера ведет к узости инженерного мышления и не позволяет сформировать понимающий компонент инженерной мыследеятельности [2, с. 148]. Таким образом, техническая инженерная деятельности должны осуществляться при условии понимания ее социальной сущности, а также последствий данной деятельности для окружающей среды.

Вопросы теории права, которые рассматриваются в начале изучения дисциплины «Правоведение», должны быть связаны с общепрофессиональными компетенциями будущих специалистов технического профиля. При этом следует акцентировать внимание на понимании социальной роли инженерной деятельности, рассматривая правовые и технические нормы в системе социальных норм. Для формирования представления о правовых ограничениях в будущей профессиональной деятельности специалистов необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- право в системе социальных норм;
- система права и система законодательства;
- соотношение правовых и технических норм.

Полагаем, что из содержания дисциплины следует исключить темы о соотношении права и государства, которые носят, скорее, политический характер. Социальное предназначение права, его связь с профессиональными стандартами в большей мере отвечают задачам ФГОС 3++, чем исследование права в политическом контексте. С этой же целью следует обсудить вопрос о необходимости изучения Конституционного права. Несмотря на значимость данной отрасли права в образовательном процессе, найти в нормах Конституции РФ ограничения в профессиональной деятельности, например, судебного механика, вряд ли возможно. Полагаем, что к нормам Конституции РФ, предусматривающим такие права, как право на личную безопасность, право на благоприятную окружающую среду, право на труд в условиях, отвечающим требованиям безопасности и гигиены, можно обратиться при изучении других отраслей права, которые имеют более прямую связь с ограничениями в профессиональной деятельности специалистов технических направлений подготовки.

В разделе теории права следует уделить особое внимание проблемам технического нормирования. Учащиеся технических специальностей, связанных с рыбопромысловой деятельностью, зачастую в дальнейшем изучают специальные дисциплины, основанные на системе нормативных актов в сфере рыболовства и водопользования. Как представляется, эффективное изучение Морского права возможно в том случае, если представление о системе права, включая техническое нормирование, сформировано ранее. Понимание сущности технических норм необходимо не только для изучения специальных дисциплин на «старших» курсах, но и для формирования представления о роли права в системе ограничений профессиональной деятельности. Отметим, что ранее техническому нормированию практически не уделялось внимания при изучении дисциплины «Правоведение». В это связи необходимо провести исследование междисциплинарных связей с целью исключения дублирования при прохождении дисциплин, формирующих общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

В узком смысле ограничения в профессиональной деятельности должны рассматриваться при изучении отдельных отраслей права. Исследуя институты отдельных отраслей права, из которых, в основном, и состоит дисциплина «Правоведение», основное внимание необходимо уделить публич-

ным отраслям права, поскольку они в наибольшей мере соответствует задачам изучения правовых ограничений профессиональной деятельности специалистов технического профиля. Институты административного и уголовного права содержат конкретные нормы, устанавливающие ограничения и запреты в профессиональной деятельности. Конкретизация данных норм должна осуществляться с учетом профессиональных стандартов. Так, например, рассматривая особенную часть УК РФ, целесообразно остановиться не на преступлениях против здоровья или собственности, как это было ранее, а на таких составах, как ст. 143 УК РФ «Нарушение требований охраны труда», ст. 219 УК РФ «Нарушение требований пожарной безопасности», ст. 256 УК РФ «Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов» и иных составах, имеющих отношение к ограничениям в профессиональной деятельности. Учитывая, что диспозиции таких составов преступлений носят бланкетный характер, обращение к ним позволяет изучить различные аспекты правового регулирования профессиональной деятельности.

Отметим, что институты гражданского, трудового, природоохранного и информационного права также следует включить в курс «Правоведение», уделяя внимание тем нормам, которые соотносятся с ограничениями в профессиональной деятельности специалистов технического профиля. Полагаем, что семейное право должно быть исключено из дисциплины «Правоведение».

Традиционно «Правоведение» не включало изучение процессуальных отраслей права. Однако на современном этапе именно изучение процессуальных отраслей позволяет не только сформировать представление об ограничениях в профессиональной деятельности, но и составить эффективные задания, которые следует включить в фонд оценочных средств [3, с. 108]. Нормы процессуального права позволяют выработать навыки действия в различных ситуациях, возникающих в профессиональной деятельности [4, с. 110]. Так, например, программы обучения по специальностям, связанным с эксплуатацией рыбопромыслового флота, должны включать изучение Уголовного процесса. Капитаны судов дальнего плавания, являясь органом дознания, в случае совершения преступления на судне возбуждают уголовное дело и производят неотложные следственные действия. Отметим, что капитан осуществляет производство не только следственных действий, но и иных процессуальных действий, связанных с расследованием преступлений. Так, в соответствии со ст. 69 Кодекса торгового мореплавания РФ, в случае возбуждения уголовного дела публичного обвинения порядок и особенности выполнения капитаном судна в связи с этим действий, не относящихся к процессуальным, определяются федеральным органом исполнительной власти в области транспорта. Приказ Министерства транспорта РФ Приказ Минтранса России от 23.11.2012 N 407 «Об утверждении Порядка и особенностей выполнения капитаном судна действий, не относящихся к процессуальным, в случае возбуждения уголовного дела публичного обвинения» устанавливает, что о факте принятия сообщения о преступлении капитан судна делает запись в судовом журнале. Указанная запись должна содержать сведения о дате, о координатах местоположения судна, времени того часового пояса, по которому фактически поставлены судовые часы в данный момент времени, о форме сообщения, сведения о лице, сообщившем о преступлении (фамилия, имя, отчество, дата рождения, адрес места жительства, сведения о документе, удостоверяющем личность лица, сообщившем о преступлении; фамилия, имя, отчество, должность - в случае если лицом, сообщившем о преступлении, является член экипажа судна). Впоследствии выписка из судового журнала подлежит приобщению к материалам уголовного дела. По сути, исчисление процессуальных сроков производится в соответствии с записями в судовом журнале. Материалы и документы, относящиеся к предмету расследования, должны быть подшиты, пронумерованы, занесены в опись, оформлены в виде единого дела и храниться на борту судна в месте ограниченного доступа (сейф) до прихода судна в первый морской порт Российской Федерации. В судовом журнале делается запись об уведомлении о начале расследования в соответствии с ч.4 ст. 146 УПК РФ. Указанная запись должна содержать сведения о дате, о координатах местоположения судна, времени того часового пояса, по которому фактически поставлены судовые часы в данный момент времени.

Несовершенство правового регулирования производства дознания на судах дальнего плавания ведет к тому, что в сложных ситуациях уголовно судопроизводство заменяется действиями, сомнительными с точки зрения международного права. Так, 5 мая 2010 года российский танкер «Московский университет», находясь в Аденском заливе, был обстрелян и захвачен сомалийскими пиратами. Команде корабля удалось уцелеть и сообщить об инциденте, после чего к ним был направлен военный корабль «Маршал Шапошников», который 6 мая освободил команду, отбив атаку. После спасательной операции возник вопрос, как поступить с задержанными пиратами. В соответствии с действующими нормами законодательства, капитан судна мог удерживать пиратов

48 часов, после чего должен был либо отпустить их, либо одновременно с задержанием возбудить уголовное дело с последующей передачей соответствующим органам для дальнейшего разбирательства. Поскольку не существует четких правовых норм, позволяющих решить вопрос о задержании на судне лиц, совершивших преступления на срок, превышающий 48 часов, а также производстве следственных действий с участием защитника и переводчика для привлечения пиратов к ответственности, было принято решение отпустить их в открытое море в 300 километрах от берега с небольшим запасом еды, воды и медикаментов, но, по некоторым источникам, без средств навигации [5]. За это действия РФ позже были раскритикованы международными правозащитными организациями.

Как представляется, приведенные примеры из уголовно-процессуальной детальности капитанов морских судов следует использовать для подготовки фонда оценочных средств. Таким образом, фонды оценочных средств должны включать задачи с описанием конкретных ситуаций, решение которых требует комплексного применения норм как материального, так и процессуального права. Содержание заданий должно быть направлено на формирования представлений об ограничениях и запретах в профессиональной деятельности специалистов технического профиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методологические проблемы философии техники / В.М. Розин // Проблемы организации и развития инженерной деятельности. Материалы всесоюзной научно-практической конференции «Методология инженерной деятельности», г. Обнинск, 12-15 июля 1989. - Обнинск. Обнинский институт атомной энергетики, 1990. – С. 10-20.
2. Проблемы нормативного описания инженерной деятельности / О.Г. Исаев, В.Н. Пантелев, М.Ю. Садовенко // Проблемы организации и развития инженерной деятельности. Материалы всесоюзной научно-практической конференции «Методология инженерной деятельности», г. Обнинск, 12-15 июля 1989. - Обнинск. Обнинский институт атомной энергетики, 1990. – С. 143-151.
3. Авдеев В.Н., Кузьмина О.Л. Об опыте реализации проектной методики преподавания уголовно-процессуального права // Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2017. - № 1 (47). – С. 107-108.
4. Авдеев В.Н., Кузьмина О.Л. Возможности метода кейс-технологии в обучении будущих специалистов органов внутренних дел // Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2016. - № 3 (45). – С. 108-110.
5. Инцидент с танкером «Московский университет» // Электрон. дан. Режим доступа URL: [http:// wikipedia.org](http://wikipedia.org) (дата обращения 05.09.2020).

PROBLEMS OF FORMING THE CONTENT AND EVALUATION TOOLS OF THE ACADEMIC DISCIPLINE "JURISPRUDENCE" IN LIGHT OF THE REQUIREMENTS OF EDUCATIONAL STANDARDS IN THE THIRD GENERATION

Machanek Anna Borisovna, PhD in law

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: mahaserg@mail.ru

The article deals with the problems of forming the content and evaluation tools of the discipline "Jurisprudence" taking into account the requirements of educational standards of higher education of the third generation for training specialists in the engineering field. The article examines General professional competencies that provide for the formulation of skills for performing professional activities, taking into account legal restrictions. It is proposed to change the content of the discipline "Jurisprudence", focusing on public and procedural branches of law.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ ГРАФОВ

Мухина Светлана Николаевна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики

Скоробогатых Елена Юрьевна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия, e-mail: svetlana_200@mail.ru; mosulis@mail.ru

В статье рассматриваются возможности математического компьютерного комплекса MathCAD при изучении одного из разделов теории графов – сетевое планирование и управление. Обобщается практический опыт проведения занятий на примере изучения тем «Построение критического пути сетевого графика» и «Временные параметры сетевых моделей». Расчет параметров сетевой модели проводится методами линейного программирования в среде MathCAD. Делается вывод, что система MathCAD является существенным дополнением к традиционным курсам высшей математики в техническом вузе и может быть эффективно использована при изучении раздела «Теория графов».

Введение

Целью изучения дисциплины Дискретная математика студентами БГАРФ является приобретение навыков работы с дискретными структурами. Изучение данной дисциплины направлено на формирование заключительного этапа следующей компетенции: способность корректно применять при решении профессиональных задач соответствующий математический аппарат дискретной математики, в том числе с использованием вычислительной техники [5]. В результате формирования указанной компетенции студенты должны:

- знать основные дискретные структуры: комбинаторные структуры, графы, конечные автоматы;
- уметь строить и изучать математические модели конкретных явлений и процессов для решения расчетных и исследовательских задач;
- определять возможности применения теоретических положений и методов дискретной математики для постановки и решения конкретных прикладных задач;
- владеть средствами компьютерной математики (на базе пакета MathCAD) для решения задач дискретной математики.

Важнейшим разделом Дискретной математики является раздел теории графов. В качестве примера приведем реализацию некоторых практических задач теории графов с использованием системы MathCAD [4].

1. Теория двойственных задач линейного программирования в сетевом планировании и управлении

Рассмотрим основные задачи СПУ. К ним относятся задачи:

- отыскания критического пути сетевого графика;
- нахождения моментов наступления событий.

К указанным задачам можно применить термины и методы линейного программирования, рассмотрев их как пару взаимно двойственных задач. Опишем алгоритм составления таких задач.

1. Каждой работе присвоим номер $1, 2, \dots, m$.
2. Упорядоченным событиям сетевого графика также присвоим номера $0, 1, \dots, n$ (0 – начальное, а n – конечное событие).
3. Для каждого события j ($0 \leq j \leq n$) введем обозначения:

- $u^+(j)$ - события, предшествующие событию j ;

- $u^-(j)$ - события, следующие за событием j .

Для составления математической модели задач линейного программирования необходимо ввести переменные задачи, составить систему ограничений, записать функцию цели.

1.1. Математическая модель задачи отыскания критического пути

Переменные задачи. Поставим в соответствие каждой работе число x_s , равное 1, если эта работа входит в критический путь (является критической), и равное 0 для некритической работы.

Система ограничений. Система ограничений строится исходя из следующих условий:

– из начального события выходит только одна критическая работа a_k , при этом $x_s = 1$, следовательно,

$$\sum_{s \in u^-(0)} x_s = 1 \quad (1)$$

– если в событие j входит критическая работа a_s , то существует критическая работа a_l , выходящая из этого события; если в какое-либо событие j не входит критическая работа, то должна отсутствовать критическая работа, выходящая из этого события, следовательно,

$$\sum_{s \in u^+(j)} x_s = \sum_{l \in u^-(j)} x_l, \quad 1 \leq j \leq n-1 \quad (2)$$

– в конечное событие входит только одна критическая работа a_l , при этом $x_l = 1$, следовательно,

$$\sum_{l \in u^+(n)} x_l = 1 \quad (3)$$

Добавляем условие неотрицательности введенных переменных.

Функция цели. Длина полного пути есть сумма всех длин t_s (продолжительностей работ, для которых $x_s = 1$)

$$F = \sum_{s=1}^m t_s x_s \quad (4)$$

Задачи выбора критического пути формулируется: найти неотрицательные переменные задачи x_s ($s = 1..m$), удовлетворяющие ограничениям (1) - (3), которые обеспечивают максимум целевой функции (4).

1.2. Математическая модель задачи нахождения моментов наступления событий

Переменные задачи. Введем переменные y_j – ранний срок свершения события j ($0 \leq j \leq n$).

Система ограничений. Событие j наступает только тогда, когда наступят все предшествующие события i и будет выполнена работа, (i, j) продолжительностью t_s . Следовательно, любая работа удовлетворяет неравенству

$$y_j \geq y_i + t_s \quad (5)$$

Функция цели. Время выполнения всего комплекса работ есть разность между моментами свершения конечного и начального событий

$$Z = y_n - y_0 \quad (6)$$

Задача нахождения моментов свершения событий: найти неотрицательные переменные y_j , удовлетворяющие ограничениям (5), которые обеспечивают минимум целевой функции (6).

Полученные задачи (1-4) и (5-6) являются двойственными задачами линейного программирования. Сведем их математические модели в таблицу 1.

Двойственные задачи линейного программирования в задачах СПУ

<i>задача выбора критического пути</i>	<i>задачи нахождения моментов наступления событий</i>
<p>Найти числа x_k, для которых</p> $F = \sum_{s=1}^m t_s x_s \rightarrow \max$ <p>при ограничениях</p> $\sum_{s \in u^-(0)} x_s = 1,$ $\sum_{l \in u^+(n)} x_l = 1,$ $\sum_{s \in u^+(j)} x_s - \sum_{l \in u^-(j)} x_l = 0,$ $x_s \geq 0.$	<p>Найти числа y_j, для которых</p> $Z = y_n - y_0 \rightarrow \min$ <p>при ограничениях</p> $y_j - y_i \geq t_s,$ <p>y_j – произвольного знака.</p>

2. Решение прямой и двойственной задач для сетевой модели в среде MathCAD

Пример 1. Орграф, задающий сеть проекта представлен на рисунке 1. Вычислить длину критического пути и найти критические работы.

Решение. Сведем все данные в таблицу 2, введем переменные задачи.

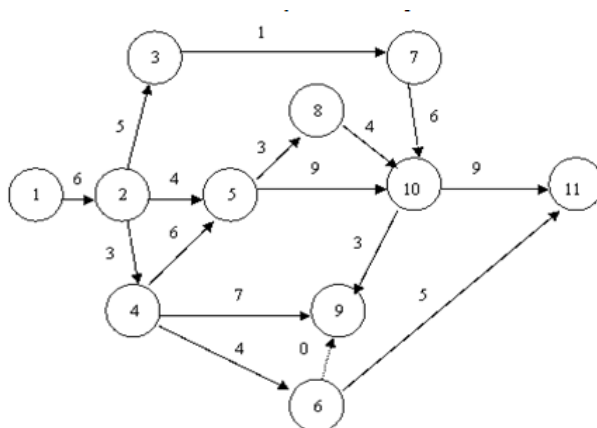


Рис. 1. Сетевой график

Таблица 2

Структурная таблица комплекса работ

Работа	Опирается на работы	Продолжительность работы	Работа	Опирается на работы	Продолжительность работы
(1,2) x_1	-	6	(5,8) x_9	(2,3), (4,5)	3
(2,3) x_2	(1,2)	5	(5,10) x_{10}	(2,5), (4,5)	9
(2,5) x_3	(1,2)	4	(6,9) x_{11}	(4,6)	0
(2,4) x_4	(1,2)	3	(6,11) x_{12}	(4,6)	5
(3,7) x_5	(2,3)	1	(7,10) x_{13}	(3,7)	6
(4,5) x_6	(2,4)	6	(8,10) x_{14}	(5,8)	4
(4,6) x_7	(2,4)	4	(9,10) x_{15}	(4,9), (6,9)	3
(4,9) x_8	(2,4)	7	(10,11) x_{16}	(7,10), (8,10), (5,10), (9,10)	9

Открываем вычислительный блок и задаем ограничения (рис.2). С помощью функции **Maximize** находим критический путь. Критическим работам соответствуют числа, равные 1, т.е. $x_1, x_4, x_6, x_{10}, x_{16}$.

Следовательно, (1,2), (2,4), (4,5), (5,10), (10,11) критические работы; критический путь проходит через события 1-2-4-5-10-11. Его длина равна 33.

```

ORIGIN := 1
C := (6 5 4 3 1 6 4 7 3 9 0 5 6 4 3 9)
X := (1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1)ᵀ
F(X) := C · X
Given X ≥ 0 X₁ = 1
X₁ = X₂ + X₃ + X₄ X₂ = X₅ X₄ = X₆ + X₈ + X₇ X₃ + X₆ = X₉ + X₁₀
X₇ = X₁₁ + X₁₂ X₅ = X₁₃ X₉ = X₁₄ X₈ + X₁₁ = X₁₅
X₁₄ + X₁₀ + X₁₅ = X₁₆ X₁₆ + X₁₂ = 1
КР := maximize(F,X) критический путь

```

	1
1	1
2	0
3	0
4	1
5	0
6	1
7	0
8	0
9	0
10	1
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	1

F(КР) = 33 длина критического пути

Рис. 2. Решение прямой задачи ЛП для сетевого графика

Пример 2. Решить двойственную задачу для сетевой модели примера 1.

Решение. Моменты свершения событий найдем путем решения двойственной задачи.

В силу критерия оптимальности, неравенства, соответствующие критическим событиям должны выполняться как равенства. Решение в MathCAD представлено на рис. 3.

Полученные значения сведем в таблицу 3 (1-я строка – номера событий, i ; 2-я – $t_p(i)$ ранний срок свершения события; 3-я – $t_n(i)$ – поздний срок свершения события).

Так как критические события резервов времени не имеют, то $t_p(i) = t_n(i)$

Таблица 3

Временные параметры событий

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_p(i)$	0	6	11	9	15	13	12	20	16	24	33
$t_n(i)$	0	6		9	15					24	33

```

Y := (1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1)ᵀ Z(Y) := Y₁₀ - Y₀
Given Y ≥ 0 Y₁ - Y₀ = 6 Y₂ - Y₁ ≥ 5 Y₃ - Y₁ = 3
Y₄ - Y₁ ≥ 4 Y₄ - Y₃ = 6 Y₈ - Y₃ ≥ 7 Y₅ - Y₃ ≥ 4
Y₈ - Y₅ ≥ 0 Y₆ - Y₂ ≥ 1 Y₇ - Y₄ ≥ 3 Y₉ - Y₄ = 9
Y₉ - Y₇ ≥ 4 Y₉ - Y₈ ≥ 3 Y₉ - Y₆ ≥ 6 Y₁₀ - Y₅ ≥ 5
Y₁₀ - Y₉ = 9
M := Minimize(Z, Y)

```

	0
0	0
1	6
2	11
3	9
4	15
5	13
6	12
7	20
8	16
9	24
10	33

Z(M) = 33

Рис. 3. Решение двойственной задачи ЛП для сетевого графика

Остальные вычисления проводят по сетевому графику.

Вывод

Как показывает практический опыт изучения математических дисциплин в БГАРФ система MathCAD является существенным дополнением к традиционным курсам высшей математики в техническом вузе и может быть эффективно использована при изучении раздела «Теория графов». Использование этой системы позволяет дополнить традиционные математические курсы возможностями реализации инновационных образовательных технологий, направленных на формирование у студентов компетенций исследовательского характера [1, 2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Н.Н., Руденко А.И. Применение компьютерных технологий при изучении дифференциальных уравнений / Информационные технологии в современном инженерном образовании: материалы межвузовской научно-практической конференции (15 апреля 2020 г.). СПб: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2020. – С. 10-16.
2. Ивановский Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика и применение в системе MathCAD: Учеб. пособие – М: Высшая школа, 2003. – 432 с.
3. Мухина С.Н., Скоробогатых Е.Ю. Возможности средств компьютерной математики при изучении теории вероятностей / Информационные технологии в современном инженерном образовании: материалы межвузовской научно-практической конференции (15 апреля 2020 г.). СПб: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2020. – С. 154-162.
4. Мухина С.Н. Методы оптимальных решений. Примеры и алгоритмы в среде MathCAD: Учебное пособие / С.Н. Мухина. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2014. – 118 с.
5. ФГОС ВО по направлению подготовки 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fgosvo.ru/100503>

PRACTICAL APPLICATION EXPERIENCE MATHEMATICAL COMPUTER SYSTEMS IN THE STUDY OF GRAPH THEORY

Mukhina Svetlana Nikolaevna, associate Professor, associate Professor at the Department of higher mathematics

Skorobogatykh Elena Yur'evna, associate Professor, associate Professor at the Department of higher mathematics

Baltic fishing fleet state academy FSBEI HE "KSTU",
Kaliningrad, Russia, e-mail: svetlana_200@mail.ru; mosulis@mail.ru

This article discusses the possibilities of mathematical computer complex MathCAD in the study of one of the sections of graph theory-network planning and management. The practical experience of conducting classes on the example of studying the topics "Finding the critical path of the network schedule" and "Calculating the time parameters of the network schedule" is summarized. The network model is calculated using linear programming methods in MathCAD. It is concluded that the described approach allows us to achieve not only educational goals, but also to form research skills in conditions of time deficit and a large amount of information.

**ВЕДОМСТВЕННЫЙ ПРОЕКТ
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО РЫБОЛОВСТВУ
«ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ПРОФЕССИЯХ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И ИХ ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ
В РОССИИ» ПО ВНЕДРЕНИЮ КОМПЕТЕНЦИИ
«ПРИБРЕЖНОЕ РЫБОЛОВСТВО»**

Недоступ Александр Алексеевич, канд. техн. наук, доцент
Соколова Елена Валерьевна, канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: nedostup@klgtu.ru

В 2012 году Российская Федерация официально вступила в международное движение WorldSkills International. В 2019 году сформирована и введена новая компетенция «Прибрежное рыболовство». В статье раскрыты особенности компетенции «Прибрежное рыболовство», профессиональная составляющая специалиста по данной компетенции. Отмечены сильные и слабые стороны подготовки специалистов данного направления. Обозначены основные направления развития компетенции.

Российская Федерация в 2012 году присоединилась к международному некоммерческому движению Ворлдскиллс, целью которого является повышение престижа рабочих профессий и развитие профессионального образования.

Союз «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» представляет Российскую Федерацию в международной организации «WorldSkills International» [1].

Союз «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» (далее – Союз «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)», Союз) создан с целью достижения общественно полезных целей, а именно содействия его членам в осуществлении деятельности, направленной на развитие профессионального образования в соответствии со стандартами международной организации WorldSkills International для обеспечения экономики Российской Федерации высококвалифицированными кадрами, повышения роли профессиональной подготовки в социально-экономическом и культурном развитии Российской Федерации, а также предоставления и защиты общих интересов его членов [2].

Союз является объединением юридических лиц и граждан, основанным на добровольном членстве. Учредителями Союза являются Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя Союза от имени Российской Федерации осуществляют Министерство образования и науки Российской Федерации, Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации, автономная некоммерческая организация «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов».

Создание и ввод в перечень компетенций Ворлдскиллс новой компетенции Прибрежное рыболовство обусловлено заинтересованностью Федерального агентства по рыболовству, образовательных организаций высшего образования и профессиональных образовательных организаций; представителей работодателей.

Целью создания и развития компетенции «Прибрежное рыболовство» является повышение престижа профессии рыбака.

Понятие «Прибрежное рыболовство» законодательно закреплено Федеральным законом «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 № 166-ФЗ [3].

Профессиональные образовательные организации, подведомственные Федеральному агентству по рыболовству, осуществляют подготовку специалистов среднего звена по специальности 35.02.11 Промышленное рыболовство. Областью профессиональной деятельности выпускни-

ков по данной специальности является организация и выполнение работ по промышленному лову гидробионтов, в том числе изготовление, эксплуатация и ремонт орудий промышленного рыболовства. Объектами профессиональной деятельности выпускников данной специальности являются гидробионты, отнесенные к объектам промышленного лова; промысловые суда; орудия и технические средства промышленного лова гидробионтов, в том числе промысловые машины, механизмы, устройства и приборы контроля орудий лова; орудия и технические средства аквакультуры и мариккультуры; технологии промышленного лова гидробионтов; процессы организации и управления работами по промышленному лову гидробионтов; первичные трудовые коллективы [4].

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (бывш. Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства) является одним из крупнейших высших учебных заведений в области рыбного хозяйства.

К приоритетным задачам системы отраслевого образования в рамках реализации проекта «Отраслевое образование» относятся, в том числе, повышение привлекательности профессий в сфере рыбохозяйственного комплекса [5].

Специалист по компетенции «Прибрежное рыболовство»:

- занимается созданием и эксплуатацией орудий промышленного рыболовства - разноглубинных и донных тралов,
- обеспечивает взаимодействие промысловой вахты на рыболовном судне,
- подготавливает орудия промышленного рыболовства - разноглубинные и донные тралы,
- рассчитывает стоимость разноглубинных и донных тралов, организует их ремонт для последующей их эксплуатации.

Область профессиональной деятельности: организация и выполнение работ промысловой вахты на рыболовном судне, в том числе изготовление, эксплуатация и ремонт орудий промышленного рыболовства - разноглубинных и донных тралов.

Объектами профессиональной деятельности специалиста по компетенции «Прибрежное рыболовство» являются:

- орудия промышленного рыболовства - разноглубинные и донные тралы;
- технологии изготовления, конструирования и проектирования орудий промышленного рыболовства - разноглубинных и донных тралов;
- палубы промысловых судов; технологии ремонта разноглубинных и донных тралов [6].

Соревнование по компетенции «Прибрежное рыболовство» проводится в течение трех дней.

Конкурсное задание по компетенции «Прибрежное рыболовство» включает четыре модуля: А, В, С, D.

Модуль А посвящен созданию технического проекта трала в соответствии с эскизом. На выполнение данного модуля выделено 5 часов.

Участнику необходимо создать технический проект трала в соответствии с эскизом. Для выполнения технического проекта трала предложено два варианта эскиза трала (разноглубинный / донный). В день выполнения модуля из предложенных эскизов выбирается один эскиз трала, по которому и должен быть создан технический проект трала. Трал – основное орудие лова на рыболовных траулерах [8]. Трал буксируется в воде и представляет собой длинный сетной мешок. В зависимости от глубины хода трала, они разделяются на донные и разноглубинные. Тралы имеют общее устройство и различаются размерами, формой раскроя сетных частей и вооружением подбор. Чертеж трала выполняется в соответствии с ОСТ 15 30-72 «Конструкторская документация сетных орудий рыболовства. Тралы рыболовные».

Модуль В предусматривает изготовление макета трала по техническому проекту трала, подготовленному в рамках выполнения модуля А. На выполнение данного модуля выделено 8 часов.

Участнику необходимо создать макета трала по техническому проекту трала в соответствии с чертежом. Для создания макета трала конкурсант пользуется своим чертежом из модуля А.

Модуль С предусматривает поиск порывов макета трала и их ремонт. На выполнение данного модуля выделено 3 часа.

Участнику необходимо найти порывы в канатной / сетной частях трала из модуля В. Предварительно на макете трала эксперты делают порывы и обрывы. При промысле порывы сетной части и оснастки трала случаются при спуске, работе, подъеме трала, выливке рыбы из кутка и других про-

мысловых операциях [8]. В зависимости от размера порыва починка осуществляется двумя способами. При больших порывах сетной части рекомендуется порванную часть заменять новой запасной. В случаях, когда величина порванного участка небольшая или порыв имеет клиновидную форму, его чинят надвязкой порванной части или вставкой целого куска дели вместо порванного (чаще всего при ремонте кутка трала).

Выполнение модуля D компетенции предусматривает демонстрацию конкурсантом навыков по безопасности промышленных работ с использованием тренажера ПРПОЛ-3D (Разработчик – ООО Конструкторское бюро морской электроники «Вектор») и навыков настройки траловой системы. На выполнение данного модуля выделено 6 часов.

Участнику необходимо со своим макетом трала из модуля С подойти к макету промышленной палубы рыболовного судна и настроить траловую систему. В обучающей программе по изучению промышленного расписания работ с тралом (Тренажер ПРПОЛ-3D, версия тренажера на проект судна СТР типа «Альпинист» пр. 503, промышленное расписание работы с донным тралом) продемонстрировать навыки по безопасности промышленных работ. Включить ваерную и траловую лебедки, а также кабельно-сетной барабан на травление ваеров и подключить траловые доски. Включить ваерную и траловую лебедки, а также кабельно-сетной барабан на выборку ваеров и отключить траловые доски.

На условия труда рыбаков существенное влияние оказывают опасные явления в океане [7]. К опасным операциям относятся швартовные и грузовые операции, спуск и подъем трала и др. Фактором повышенной опасности на промышленном судне является необходимость работы в ограниченном пространстве в непосредственной близости от движущихся элементов траловой системы.

Сейнер-траулер рефрижераторный типа «Альпинист» проект 503 предназначен для добычи рыбы тралами и кошельковыми неводами. Длина 46,2 м, грузоподъемность 230 м³, экипаж 26 чел.

Компетенция Т94 Прибрежное рыболовство (Coastal Fishing) относится к блоку компетенций «Производство и инженерные технологии». Компетенция «Прибрежное рыболовство» находится в статусе «Кандидат в презентационную». Компетенции в данном статусе ещё не имеют достаточного опыта проведения соревновательных мероприятий и отработанной документации.

Для развития компетенции «Прибрежное рыболовство» из статуса компетенции «Кандидат в презентационную» до статуса «Презентационная» необходимо:

- сформировать экспертное сообщество, в котором должно находиться не менее 3 (трёх) человек, которые должны пройти обучение по стандартам Worldskills Russia, и получить свидетельства на право проведения чемпионатов;

- провести 3 (три) и более чемпионатов (региональных, вузовских, корпоративных или отраслевых) [9].

Среди трудностей данного этапа развития компетенции «Прибрежное рыболовство» можно выявить:

- отсутствие отработанного механизма участия региональных предприятий - работодателей рыбохозяйственной отрасли;

- отсутствие методик обучения и подготовки участников соревнований.

Приоритетными задачами развития компетенции «Прибрежное рыболовство» является:

- развитие и расширение экспертного сообщества. Под экспертным сообществом понимается группа сертифицированных, обученных и независимых Экспертов, состоящая из специалистов по данной компетенции, владеющая методикой оценки по методике Ворлдскиллс [10]. Особая роль отводится менеджеру компетенции - сертифицированному эксперту Ворлдскиллс, который отвечает за развитие компетенции в России.

- подготовка и обустройство площадок для проведения чемпионатов в соответствии с инфраструктурным листом (список всего необходимого оборудования, инструментов, расходных материалов, офисного оснащения и принадлежностей, необходимых для работы площадки) по компетенции в различных регионах Российской Федерации.

- подготовка команды участников регионального чемпионата.

В качестве заключения можно отметить, что в направлении развития компетенции «Прибрежное рыболовство» ведется большая работа образовательных организаций, подведомственных Федеральному агентству по рыболовству: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08 октября 2014 г. № 1987-р «Об учреждении союза «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Ворлдскиллс Россия»

2 Устав Союза «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» URL: https://worldskills.ru/assets/docs/Ustav_21122016.pdf (дата обращения 26.07.2020).

3 Федеральный закон от 20.12.2004 N 166-ФЗ (ред. от 24.04.2020) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.06.2020).

4 Приказ Минобрнауки России от 07.05.2014 N 460 (ред. от 09.04.2015) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 35.02.11 Промышленное рыболовство» (Зарегистрировано в Минюсте России 11.06.2014 N 32668).

5 Распоряжение Правительства РФ от 26.11.2019 N 2798-р «Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» (вместе с «Планом мероприятий по реализации стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года»).

6 Техническое описание компетенции Прибрежное рыболовство. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/1KCNyVs7U-B-V8CAJeUos4AtIzDfunzVu> (дата обращения 11.08.2020).

7 Шарапов, В.И. Охрана труда рыбаков океанического лова / В.И. Шарапов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 144 с.

8 Семенов, Г.Я. Рыболовные траулеры / Г.Я. Семенов. – М.: Рыбное хозяйство, 1963. – 135 с.

9 Регламент ввода новых компетенций и их развития. Утвержден приказом Союза «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» № 11.06.2019-1 от 11.06.2019: URL: <https://worldskills.ru/assets/docs/1311/11.06.2019-1%20s%20prilnew.pdf> (дата обращения 23.08.2020).

10 Положение об экспертном сообществе Ворлдскиллс Россия. Утверждено Протоколом правления Союза «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» № 08 от 21.06.2017. URL: https://worldskills.ru/assets/docs/Polozhenie-ob-ekspertnom-soobshhestve_12042018.pdf (дата обращения 23.08.2020).

DEPARTMENTAL PROJECT OF FEDERAL FISHERIES AGENCY "IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION IN PROFESSIONS OF FISHERIES COMPLEX AND THEIR POPULARIZATION IN RUSSIA" ON THE IMPLEMENTATION OF COMPETENCE "COASTAL FISHING"

Nedostup Aleksandr Alekseevich, PhD, docent
Sokolova Elena Valer'evna, PhD

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: nedostup@klgtu.ru

In 2012, the Russian Federation officially joined the international movement WorldSkills International. In 2019, a new competence, «Coastal Fishing», was formed and introduced. The article reveals the features of the «Coastal Fishing» competence, the professional component of a specialist in this competence. The strengths and weaknesses of training specialists in this area are noted. The main directions of competence development are outlined.

ИССЛЕДОВАНИЕ УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ КУРСАНТОВ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

¹Новоселов Кирилл Андреевич, преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»

²Силина Светлана Николаевна, д-р пед. наук, профессор

¹Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия, e-mail: kirill-n1996@mail.ru

²ФГАОУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия, e-mail: professor65@mail.ru

Целью исследования стало выявление влияния дистанционного обучения на учебно-профессиональную мотивацию курсантов морского вуза в период пандемии новой коронавирусной инфекции на базе Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота (БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» – далее БГАРФ). Новизна исследования заключается в том, что ранее не было изучения такого вида мотивации при полностью дистанционном обучении. Результат анкетирования показал, что такой вид обучения оказал положительное влияние на мотивацию курсантов и их успеваемость, что подтверждается проведенным анкетированием.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, Международной конвенции ПДНВ-78 и модельных курсов ИМО дисциплина «Элементы и функциональные устройства судовой автоматики» является базовой для профессионального цикла дисциплин специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

Для успешного освоения дисциплины курсантами и повышения их учебно-профессиональной мотивации на основании рабочей программы дисциплины (от 29 мая 2018 г.) были разработаны: лекционная часть, представленная в виде лекций, элементы электронного обучения (подборка видеоматериалов по теме лекций; входной, промежуточной и итоговой контроль знаний с использованием онлайн-сервиса; дистанционное взаимодействие со студентами во вне учебное время (выкладка материалов прочитанных лекций в электронной информационно-образовательной среде и в социальной сети ВКонтакте)).

Занятия начались в феврале 2020 года. Изначально, планировалось, что занятия будут проводить в очной форме непосредственно в БГАРФ, с отличием от классических лекций, что большая часть учебного времени будет направлена на использование элементов электронного обучения. Занятия строились следующим образом: краткое теоретическое введение по теме лекции, затем включались видеоматериалы, по которым происходил разбор конкретных примеров, ситуаций, оборудования. После окончания занятия в этот же день полный текст лекции выкладывался в специализированной группе в социальной сети ВКонтакте вместе со всеми видеоматериалами. В этой же группе происходило общение с курсантами, ответы на вопросы.

Однако в середине марта из-за новой коронавирусной инфекции Covid-19 весь процесс обучения и взаимодействия с курсантами перешел в дистанционную форму, с использованием различных площадок (электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) БГАРФ, Zoom, социальные сети, электронная почта). И наш эксперимент стал более актуальным – необходимо не допустить понижения, а лучше и увеличить учебно-профессиональную мотивацию курсантов при дистанционном обучении. Форма занятий была выстроена следующим образом: выкладывался текст лекции, курсанты изучали его, затем выкладывались видеоматериалы, после были дискуссии, обсуждение, ответы на вопросы. Лабораторные работы также пришлось перевести в дистанционный формат. Были поставлены задачи, необходимо рассмотреть устройство различных систем и устройств. Проверка лабораторных осуществлялась так: группы курсантов (по 3-4 человека) скидывали отчет по лабораторной работе, а затем в беседе со мной отвечали на несколько во-

просов. Проверка знаний после каждой лекции осуществлялась следующим образом: каждый курсант скидывал фотографии конспекта лекции, написанный по выложенному материалу, затем отвечал на вопросы небольшого опроса по теме лекции, также в письменной форме и присылал мне на проверку. В случае недостаточно полного ответа мы еще с ним беседовали.

Система работы в дистанционном формате показала себя удобной, так как она гибкая – можно провести занятия в удобное время, имеется возможность уделять больше времени тем курсантам, кому необходимо что-то объяснить, показать.

В таком режиме мы работали весь оставшийся семестр, курсанты показали большую заинтересованность при таком процессе обучения, задавали вопросы, активно принимали участие в обсуждении реальных установок и оборудования, принципа их действия, которые демонстрировались в видеоматериалах.

В конце мая был назначен экзамен, который также необходимо было провести дистанционно. Для этого был составлен тест из 50 вопросов по теме всего курса, затем с помощью системы дистанционного обучения и тестирования (СДОиТ) Online Test Pad был сделан тест, в котором все эти 50 вопросов с вариантами ответов, которые в произвольном порядке (как сами вопросы, так и ответы на каждый вопрос) были сгенерированы для каждого курсанта и направлены персональной ссылкой. На каждый вопрос отводилась 1 минута. Были также определены критерии сдачи экзамена – если ответчено верно на 0-30 вопросов, то «2»; на 31-40 – «3»; 41-45 – «4»; 46-50 – «5». Результаты экзамена – все сдачи на «хорошо» и «отлично», кроме 1 одного человека, который сдал на «удовлетворительно».

Для того, чтобы определить динамику изменения учебно-профессиональной мотивации было проведено 2 анкетирования – до и после проведенного эксперимента. В эксперименте принимала участие группа ЭЛМ-31 (24 человека, 100% - юноши). Первое анкетирование было проведено в декабре 2019 года, а второе – после окончания курса и итогового экзамена, в конце мая 2020 года.

Результаты первого анкетирования представлены ниже. Первым вопросом стал вопрос о том, знают ли курсанты, что такое электронное (цифровое) обучение. В итоге – 87,5% дали положительный ответ, 12,5% - отрицательный. Следующим стал вопрос об отношении к электронному (цифровому) обучению. 70,8% нейтрально относятся к такому виду обучения, 25% - положительно и 4,2% - отрицательно. Далее необходимо было выяснить в каком виде курсанты предпочитают слушать лекцию: 66,7% - предпочитают лекции с электронными (цифровыми) элементами (в ходе лекции демонстрируются видеоматериалы, презентация, 3-D моделирование, а также демонстрирование реальных приборов по теме лекции); 25% - отдают предпочтение традиционным лекциям; 8,3% - Online лекция с образовательного ресурса.

Почти всем курсантам (91,7%) интересно будет во время лекции знакомиться с реальными приборами (устройствами) или их 3-D моделями? 8,3% курсантам – не интересно. Ответ на вопрос об удобстве прохождения контрольных тестирований (экзаменов) показал неожиданный результат – 62,5% предпочитают проходить их классическим образом (на бумаге), а вот 37,5% - высказали желание проходить тестирование в электронном виде (онлайн, переход по персональной ссылке). И наконец еще одним вопросом стал вопрос о мотивации для изучения предмета (дисциплина «Элементы и функциональные устройства судовой автоматике»). Ответы распределились следующим образом: половина курсантов (50%) имеют средний уровень мотивации, 41,7% - высокий и 8,3% - низкий.

Как видно из первого проведенного опроса, курсантам интересно воспринимать лекцию, с использованием современных средств мультимедиа. После проведения анкетирования в январе 2020 года, эксперимент начался в феврале 2020, как и было описано выше. После завершения итогового тестирования (экзамен по дисциплине) курсантом было предложено пройти новое анкетирование, в котором они могли отобразить свое мнение о таком (дистанционном) способе обучения. Результаты представлены далее.

На первый вопрос «Понятны ли Вам были материала курса «Элементы и функциональные устройства судовой автоматике?» 82,6% ответили положительно, 17,4% - отрицательно. Следующим стал вопрос об изменении отношения к обучению с использованием электронных (цифровых) технологий: у 56,5% отношение изменилось в лучшую сторону, у 34,8% - отношение осталось нейтральным, а у 8,7% - мнение изменилось в негативную сторону. 47,8% обучающихся с интересом слушали лекцию с использованием электронного (цифрового) обучения, еще 17,4% человек изучали бы материал, если бы он выкладывался на образовательный ресурс (платформу), а 34,8% - отдали ли бы предпочтение традиционной лекции. В целом результативность обучения с использованием дистанционных лекций с элементами электронного (цифрового) обучения можно считать положительной, а эксперимент удавшимся. По пятибалльной шкале курсанты так оценили свою результатив-

ность: 52,2% - на «4», 21,7% - на «5» и 26,1% - на «3». Выгружаемый дополнительный контент (видеоматериалы) пользовался спросом среди курсантов, так 65,2% - постоянно пользовались им, а оставшиеся 34,8% - пользовались иногда. Итоговый тест (экзамен по предмету) проводился на онлайн-платформе, курсанты так оценили сам тест и способ его проведения по пятибалльной шкале: 60,9% - на «4» и 39,1% - на «5». И, следовательно, большая часть курсантов (65,2%) предпочтет проходить экзамены в электронном виде (то есть тестирование на электронной платформе), а 34,8% - предпочтут сдавать экзамен классическим способом (по билетам).

Мотивация для изучения предмета после прохождения дистанционного курса у 69,6% обучающихся не изменилась, у 26,1% - увеличилась и только у 4,3% мотивация уменьшилась. Это показатель очень высокий, учитывая условия в которых проводилось обучение. На момент прохождения анкетирования у 47,8% курсантов – средний уровень мотивации, у 39,1% - высокий, а у 13% - низкий.

Также показателем того, что эксперимент проведен успешно говорят оценки, полученные курсантами за экзамен: 54,17% (13 чел.) получили оценку «4», еще 41,67% (10 чел.) – «5» и только 1 человек (4,17%) – «3». Против показателей прошлого года, когда у группы 2018-2019 учебного года: оценку «3» получили 39,13% (9 чел.), а оценки «4» и «5» распределились поровну: 30,43% (7 чел.) и 30,43% (7 чел.).

Заключение

В результате проведения занятий в дистанционном режиме и проведения эксперимента была сохранена и даже увеличена учебно-профессиональная мотивация курсантов морского вуза в период дистанционного обучения, вызванного пандемией новой коронавирусной инфекции (Covid-19). Были разработаны лекции и подобраны видеоматериалы для полноценного проведения занятий дистанционно, с сохранением мотивации у курсантов. В период февраль-май 2020 года была проведена успешная апробация разработанной программы.

Впервые внедренный процесс проведения дистанционного обучения в период март-май 2020 года, показал высокую эффективность, позволил курсантам выполнять учебный план в полном объеме, повысил заинтересованность курсантов в предмете, повысил учебно-профессиональную мотивацию. В дальнейшем предложенное решение будет реализовываться в учебном процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. – СПб.: Питер, 2013. – С. 65.
2. Маслоу А.Х. Мотивация и личность. – СПб.: Евразия, 1999. – 478 с.
3. Савченко Т.Н., Головина Г.М., Веселков А.Ф. Исследование профессионально важных качеств и субъективного качества жизни моряков дальнего плавания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dogmon.org/issledovanie-professionalno-vajnih-kachestv-i-subektivnogo-ka.html> (дата обращения: 28.08.2018).
4. Михалин В.Н. Мотивация как основа формирования готовности к профессиональной деятельности курсантов вузов МЧС России / В.Н. Михалин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №02(086). С. 350 – 359. – IDA [article ID]: 0861302025. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/25.pdf>
5. Н.К. Зорченко. Теоретическая модель развития мотивации к профессиональной деятельности курсантов в период учебной плавательной практики // ИЗВЕСТИЯ Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки (теория и методика профессионального образования): научный рецензируемый журнал / под ред. Научной школы Г.А. Бокаревой. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. - № 3 (41). С. 207-215.
6. Аверин В.А. Психология личности: учебное пособие / В.А. Аверин – СПб: Изд-во Михайлова В.А., 1999. – 89 с.
7. Бокарева Г.А. Философия дидактики: избранное, опыт научной школы. – Калининград: Изд-во «Страж Балтики», 2016. – 322 с.
8. Бокарев М.Ю. Профессионально ориентированный процесс обучения в комплексе «лицей-вуз»: теория и практика: монография / М.Ю. Бокарев. – Калининград: Изд-во «Страж Балтики», 2016. – 250 с.

9. Смирнов С.Д. Психология и педагогика для преподавателей высшей школы: учебное пособие. – 2-е изд., переаб. и доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 422 с.

10. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 1998. – 288 с.

EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL MOTIVATION OF COURSERS WITH DISTANCE LEARNING

¹Novoselov Kirill Andreevich, Lecturer, Department of Electrical Equipment and Automation of Ships

²Silina Svetlana Nikolaevna, PhD, Professor

¹Baltic fishing fleet state academy FSBEI HE "KSTU",
Kaliningrad, Russia, e-mail: kirill-n1996@mail.ru

²Higher School of Economics, Moscow, Russia, e-mail: professor65@mail.ru

The aim of the study was to identify the impact of distance learning on the educational and professional motivation of cadets of a maritime university during a pandemic of a new coronavirus infection on the basis of the Baltic Fishing Fleet State Academy. The novelty of the study lies in the fact that there has never been a study of this type of motivation in fully distance learning. The result of the survey showed that this type of training had a positive effect on the motivation of cadets and their academic performance, which is confirmed by the survey.

УДК 377.5

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Околот Денис Ярославович, аспирант кафедры систем управления
и вычислительной техники

Петрикин Виктор Анатольевич, канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой систем управления и вычислительной техники

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: dokolot@kantiana.ru; petrikin@klgtu.ru

В статье рассматриваются основные принципы и особенности, характерные для образовательного процесса подготовки кадров в области информационной безопасности в системе среднего профессионального образования для экономической системы региона. На основе приведенных особенностей авторы делают вывод о необходимости их применения в системе среднего профессионального образования.

Становление и развитие глобального информационного общества, построение информационного общества в России, автоматизация и информатизация процессов предоставления государственных и муниципальных услуг, динамичное применение информационных технологий в экономической системе каждого регионального субъекта повышает актуальность обеспечения информационной безопасности (ИБ) [1]. Наряду с глобальной информатизацией общества чрезвычайно обострилась проблема обеспечения государственной информационной безопасности, что определило необходимость разработки соответствующей политики государства в этой сфере. Ос-

новные цели, задачи, принципы и направления обеспечения информационной безопасности государства сформулированы и представлены в Доктрине информационной безопасности Российской Федерации. Нужно констатировать, что в последнее время появилось множество новых угроз, опасностей и вызовов, главным образом связанных с развитием сети Интернет, затрагивающих деятельность государства, коммерческих организаций, а также представляющих угрозу для личности граждан. Несанкционированный доступ, изменение, уничтожение или разглашение конфиденциальных данных, а также нарушение процессов обработки и передачи таких данных в информационных системах наносят значительный материальный и моральный ущерб всем участникам взаимодействия автоматизированных информационных процессов [2]. На современном этапе размер экономического ущерба, причиненного непрофессиональным использованием и негативным воздействием на компьютерные системы исчисляется сотнями миллиардов долларов. Выведение из строя компьютерного оборудования всего лишь на один час обойдётся среднему бизнесу в десятки тысяч долларов, а крупному – в миллионы. Вопросы организации защиты информации и информационной безопасности становятся все более сложными и значимыми и находятся в центре внимания государства. В связи с этим большое значение приобретает подготовка специалистов с упором на профессиональную деятельность в области обеспечения ИБ различных информационных систем.

Необходимость подготовки специалистов в этой области обусловлена следующими обстоятельствами:

- информационная безопасность – одна из важных отраслей прикладной и теоретической информатики;
- информационные системы, услуги телекоммуникационных сетей и электронные платежные структуры являются неотъемлемой частью жизни современного общества;
- вопросы национальной безопасности, связанные с информационной сферой, оказывают существенное влияние на положение политической, экономической и оборонной безопасности страны. Действующая система образования в области ИБ и защиты информации (ЗИ) в основном ориентирована на подготовку специалистов, профессиональная деятельность которых напрямую связана с обеспечением ИБ и ЗИ.

Подготовка высококвалифицированных кадров в области ИБ в рамках развития глобального информационного общества считается одной из приоритетных задач для функционирования любого индустриального государства в условиях проведения против него информационных вбросов, атак и войн. Уровень подготовки указанных специалистов, их профессиональная компетентность в применении современных методов и средств комплексной защиты информации становятся одним из приоритетных аспектов обеспечения нормального функционирования коммерческих и государственных структур. Однако, в области защиты информации для автоматизированных информационных систем существует острая нехватка квалифицированных ИБ-специалистов [1].

Различные компании и предприятия в настоящее время сталкиваются как с нехваткой специалистов по информационной безопасности, так и с их недостаточной профессиональной компетентностью и недостатком опыта [3]. Такая ситуация характерна не только для России, но и для всего мира, поскольку проблемы обеспечения ИБ сегодня приобретают трансграничный характер. Одна из причин кадровой нехватки - повышение значимости информационной безопасности бизнеса как одного из направлений экономики. Практически каждая серьезная организация стремится организовать свой собственный отдел информационной безопасности и нанять для работы в нем квалифицированные кадры. Еще одна особенность – стремительное появление все новых угроз ИБ и необходимость непрерывной модернизации процесса подготовки специалистов по ИБ в аспекте изучения и освоения новейших технологий и средств защиты информации. В частности, экспертный прогноз потребности в ИТ-специалистах в Калининградской области позволяет сделать вывод, что по мере вступления региона в европейской интеграции и с учётом тенденций экономического развития в регионе, спрос на таких специалистов будет неуклонно расти [4].

Национальная система подготовки ИБ-специалистов начала формироваться в 1990-е гг. как результат распространения информационно-коммуникационных технологий и потребностей общества. В настоящее время систему подготовки кадров в области ИБ координирует Учебно-методическое объединение (УМО) по образованию в области информационной безопасности, созданное в 1996 г.

Следует также заметить, что помимо образовательных учреждений подготовку специалистов в области ИБ осуществляет и ряд коммерческих компаний, например, учебные центры, для которых это направление является приоритетным, так и учебные центры, специализирующиеся на обучении по всему спектру тем в сфере информационных технологий и телекоммуникаций. Такие обучающие центры организуют курсы повышения квалификации и переподготовки, организованные на базе учебных учреждений либо самими компаниями-разработчиками средств защиты информации.

Основные принципы подготовки кадров в области защиты информации с учетом требований настоящего времени можно сформулировать следующим образом:

- уровень теоретических знаний специалиста в области ИБ должен приближаться к международному;

- подготовку таких специалистов следует ориентировать на приобретение практических навыков ведения профессиональной деятельности в отечественных кризисных условиях;

- существенное внимание должно быть уделено вопросам обеспечения безопасности и устойчивого развития региона в целом.

Насущной задачей современного профессионального образования становится разработка методов учебно-воспитательной работы, гармонично сочетающих обучение современным информационным технологиям с формированием высоких нравственных качеств для выработки иммунитета к совершению компьютерных преступлений. Дополнительно в аспекте внешней мотивации студентов учреждение среднего профессионального образования (СПО) к осуществлению будущей профессиональной деятельности должно учитывать специфические особенности предметной области «Информационная безопасность». Среди таких особенностей необходимо, в первую очередь, отметить:

- формирование у будущих специалистов по ИБ понимания значимости и весомости информации для ее обладателя и неиспользования установленных уязвимостей во вред ее владельцу, а также непередачи фактов о них третьим лицам [5];

- осознание социальной значимости будущей профессиональной деятельности через изучение современного законодательства в сфере ИБ в аспекте повышения защищенности государственных, коммерческих, общественных и персональных интересов в киберпространстве, а также формирование положительного отношения к профессии;

- проведение мастер-классов по актуальным вопросам защиты информации с целью повышения интереса студентов к новейшим исследованиям в области информационных технологий и информационной безопасности, а также развития компетенций обучающихся в области выявления и устранения уязвимостей информационных систем;

- приглашение специалистов-практиков из компаний-разработчиков программных и аппаратных решений в сфере информационной безопасности с целью передачи опыта, знаний, формирования навыков и профессиональных компетенций в области обеспечения ИБ информационных систем;

- стимулирование желания студентов принимать участие в решении реальных прикладных задач для получения практического опыта деятельности в сфере ИБ и создание условий для осуществления подобных действий [6].

Не подлежит сомнению, что формирование профессиональных компетенций ИБ-специалистов должно базироваться на понятийном аппарате в этой области [7]. Понятийная основа обеспечивает единообразие признанных требований к подготовке ИБ-специалистов. Благодаря этому, возможно формирование начальных профессиональных компетенций специалистов на основе концептуальных понятий деятельности в области ИБ.

Формирование профессиональной компетентности выпускников колледжей и техникумов становится приоритетной задачей для всей системы СПО. Такая целевая установка предопределяется непрерывными изменениями социально-экономической обстановки и расширением требований работодателей к уровню подготовки необходимых им специалистов. В настоящее время только наиболее успешные выпускники организаций СПО способны быстро интегрироваться в новую для них профессиональную среду, при этом в течение длительного времени оставаясь востребованными в динамично изменяющихся условиях современного рынка труда. Работодатель ожидает от соискателя рабочего места достойных личностных качеств и осознания значимости собственного социально-культурного статуса, а не только конкретного набора профессиональных знаний, навыков и умений. Важнейшим требованием к результатам освоения новых образовательных программ является наличие у выпускников системы универсальных, общепрофессиональных и про-

фессиональных компетенций как непосредственно в трудовой, так и в социально-личностной деятельности, что в совокупности с интеллектуальным потенциалом и составляет профессиональную компетентность будущего специалиста [8].

При подготовке ИБ-специалистов имеет место проблема «человеческого фактора». Ее уместно решать в двух направлениях: совершенствование технологии профотбора на специальности, связанные с защитой информации, и оптимизация воспитательной работы в процессе обучения. В образовательных учреждениях СПО, связанных с подготовкой специалистов в области информационной безопасности, целесообразно создавать специальные подразделения (лаборатории, группы, службы), которые должны заниматься выявлением и предотвращением попыток студентов к совершению противоправных действий в области информационных технологий и выработкой рекомендаций для оперативной корректировки девиантного поведения в этой сфере. Одним из главных направлений деятельности таких подразделений должно быть проведение профориентационной работы среди молодежи и обязательного тестирования абитуриентов на их профессиональную пригодность.

Кроме того, сочетание различных подходов, например, компетентностного и инновационного подхода, может быть использовано как одно из перспективных направлений повышения эффективности образовательного процесса подготовки ИБ-специалистов. Компетентностный подход, фактически, является обобщением системного и междисциплинарного подходов. В его составе присутствуют как личностные, так и деятельностные аспекты, прагматическая и гуманистическая направленность. Такой подход усиливает практикоориентированный характер образования, формирует мотивирующие установки к осуществлению профессиональной деятельности, подчеркивает роль профессионального опыта, умения практически реализовать знания и решать профессиональные задачи.

Инновационный подход можно охарактеризовать следующими факторами:

- направленность образовательного процесса на актуализацию цели, задач и содержания подготовки ИБ-специалистов в интересах нужд региона;
- направленность проектной деятельности студента на конкретную профессиональную исследовательскую задачу, ориентированной на работу;
- мотивационное участие преподавателей в профессиональной деятельности студентов;
- расширение практики проведения совместных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ с компаниями и организациями сферы ИБ, внедряя результатов совместных исследований в их практическую деятельность.

В то же время важно понимать, что информационная безопасность – это профессия, смежная со многими другими. Например, специалист по информационной безопасности не сможет защитить корпоративную сеть, если он не понимает, как она устроена и функционирует. Для этого пригодятся знания и навыки системного администратора, сетевого инженера, возможно навыки архитектора.

В этом контексте можно привести еще два примера:

- чтобы защитить корпоративный сайт, специалисту необходимо понимать, какие угрозы есть для веб-ресурса в целом, уметь читать программный код и самому вручную искать уязвимости на сайтах, знать, как правильно организовать процессы обновления, процессы взаимодействия с разработчиками сайта и т.д.;
- чтобы защитить привычную многим платформу 1С: Предприятие, необходимо как минимум понимание сетевых технологий, операционных систем, архитектуры самой 1С и, самое главное – бизнес-процессов, работоспособность и автоматизацию которых обеспечивает каждая конкретная реализация этой программы.

Без обладания этими знаниями очень сложно ограничивать права на какие-либо ресурсы в системе, так как не ясна их функциональная значимость для организации.

Дополнительно, в качестве профессиональной компетенции у будущих ИБ-специалистов необходимо формировать культуру информационной безопасности как систему знаний, умений и навыков в области информационной безопасности, обеспечивающую их последующее применение носителем этой культуры с целью достижения необходимого и достаточного уровня информационной безопасности личности. Достижение достаточно высокого уровня культуры информационной безопасности состоит в способности и готовности ИБ-специалиста осознавать потребность в получении определенной информации, выявлять и оценивать надежность и достоверность источ-

ников данных, а также осуществлять корректный доступ к необходимой информации и ее дальнейшее правомерное использование [9].

Соответственно, организация обучения студентов включает в себя постоянное совершенствование всех параметров системы подготовки профессионально квалифицированных ИБ-специалистов, востребованных на рынке труда.

В последнее время проблема кадрового обеспечения информационной безопасности привлекает к себе повышенное внимание. Эффективное развитие любого региона, да и всей страны в целом, невозможно без создания в государственных или иных структурах специализированных служб информационной безопасности, укомплектованных высококвалифицированными кадрами.

Таким образом, приоритетными аспектами подготовки в системе СПО квалифицированных и компетентных кадров в области обеспечения ИБ являются воспитательный и мотивационный аспекты, основанные на постоянной модернизации процесса формирования профессиональных компетенций будущих специалистов, а также на непрерывном процессе повышения квалификации, развитие общей грамотности и культурных компетенций при работе со служебными и личными данными (особое место здесь занимают персональные данные). Поскольку подавляющее количество выпускников системы СПО зачастую трудоустроены на предприятиях региона, где они прошли профессиональное обучение, можно ожидать, что реализация предложенного подхода приведет к повышению уровня информационной безопасности не только отдельных компаний, но и всей социально-экономической системы региона. При этом пропаганда политики безопасности в этой сфере может сыграть важную роль что особенно актуально в связи с глобализацией, когда хакерские атаки носят системный характер, и сфера обеспечения ИБ становится одним из важнейших элементов обеспечения как национальной безопасности государств, так и международной информационной безопасности в целом.

Только совместные усилия государства, образовательных учреждений, бизнеса и онлайн-университетов позволят повысить качество образования в сфере ИБ и сократить разрыв между потребностями рынка и наличными профессионалами. По оценкам экспертов, если ситуацию не начать исправлять прямо сейчас, то к 2024 г. общий дефицит ИТ-специалистов на российском рынке труда достигнет 2 млн человек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полякова Т.А., Химченко А.И. Особенности подготовки кадров в области организационно-правового обеспечения информационной безопасности / «Информационное право». – 2013. №3.
2. Белов Е.Б. Современное состояние системы подготовки специалистов в области информационной безопасности // Материалы XVII Национального форума информационной безопасности «Инфо-форум 2015» [Электронный ресурс]. – URL: <http://2015.infoforum.moscow/conference/>
3. Рудинский И.Д., Давыдова Н.А., Петров С.В. Компетенция. Компетентность. Компетентностный подход / Под ред. доктора пед. наук, профессора И.Д. Рудинского – М: Горячая линия – Телеком, 2018. – 240 с.
4. Ветров И.А., Котенков С.М. Некоторые вопросы реализации программы "Цифровая экономика РФ" в Калининградской области на базе Калининградского государственного научно-исследовательского центра информационной и технической безопасности (КГ НИЦ) / Вестник УрФО "Безопасность в информационной сфере". – 2018. №3(29). С. 55 – 62.
5. Рудинский И.Д., Околот Д.Я. Предметно-специализированная компетентность преподавателя техникума в сфере информационной безопасности автоматизированных систем / Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: филология, педагогика, психология. – 2018. № 4. С. 102-110.
6. Околот Д.Я. Мотивационный компонент в структуре профессиональной компетентности преподавателя техникума в области информационной безопасности / «Инновации и современные педагогические технологии в системе образования: сборник трудов VIII международной научно-практической конференции НИЦ «Социосфера», г. Прага. – 2018. С. 52-54.
7. Мещеряков Р.В., Шелупанов А.А. Концептуальные вопросы информационной безопасности региона и подготовки кадров / Труды СПИИРАН. 2014. Вып. 34. С. 136-159.

8. Околот Д.Я., Рудинский И.Д. Компетентностный подход в подготовке специалистов в области информационной безопасности в учреждениях среднего профессионального образования / Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». – 2020. – № 2 (6) / июль. – С. 35-43. – URL: <https://koirojournal.ru/realises/g2020/3jul2020/kvo205/>

9. Околот Д.Я., Рудинский И.Д. Формирование культуры информационной безопасности студентов колледжа / Информатика и образование. – 2019. № 9. С. 29-36.

THE FEATURES OF TRAINING IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY FOR THE ECONOMIC SYSTEM OF THE REGION IN THE SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM

Okolot Denis Yaroslavovich, postgraduate student of the Department of Control Systems and Computer Engineering

Petrikov Victor Anatolievich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Control Systems and Computer Engineering

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: dokolot@kantiana.ru; petrikov@klgtu.ru

The article discusses the basic principles and features characteristic of the educational process of training personnel in the field of information security in the system of secondary vocational education for the economic system of the region. On the basis of the above features, a conclusion is made about the need for their application in the system of secondary vocational education.

УДК 001.4

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Пугачева Наталья Сергеевна, аспирант

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
Калининград, Россия, e-mail: NPugacheva@kantiana.ru

В статье рассматривается понятие «педагогические условия», их виды и процессы выявления. Дается определение термина «учебно-методическое обеспечение» и выделяются критерии его эффективного обеспечения. Доказывается необходимость формирования учебно-методического обеспечения в конкретных педагогических условиях, способствующих его эффективной разработке. Рассматривается общепрофессиональная компетенция по разработке учебно-методического обеспечения, определяются педагогические условия, в которых оно должно разрабатываться.

В настоящее время улучшение организации учебно-методической деятельности является одним из способов повышения качества профессионального образования [2, с. 63]. Качественно разработанное учебно-методическое обеспечение способно повысить результативность образовательного процесса в целом [8, с. 353]. Более того, для повышения «эффективности образовательного процесса» необходимо обратить внимание на выявление таких педагогических условий, которые способствуют достижению поставленной цели [10, с. 386].

Выявление и раскрытие конкретных педагогических условий, в которых возможна разработка эффективного учебно-методического обеспечения, является необходимым требованием при осуществлении образовательной деятельности и для повышения качества образования в целом.

Целью настоящей работы является теоретическое обоснование необходимости разработки учебно-методического обеспечения в определенных педагогических условиях для формирования эффективного учебно-методического обеспечения, а также раскрытие сущности таких педагогических условий.

Рассмотрим понятие «педагогические условия», которое определялось такими авторами, как Муллер О.Ю. [3], Корчагина Г.А. [1], Филатова З.М. [9, 10] и другие.

Педагогические условия - это комплекс задач, которые помогают осуществлять результативную образовательную деятельность [3, с. 94]. Педагогические условия влияют на преподавателя как на субъекта педагогического процесса, что требует включения в них объективных и субъективных, внешних и внутренних факторов [3, с. 94]. Комплекс педагогических условий представляет собой сложно-структурированную систему, которая включает взаимосвязанные компоненты и направлена на решение определенного круга задач [3, с. 94].

Под педагогическими условиями понимается совокупность мер для применения и внедрения определенной «модели образования» [1, с. 95].

В исследовании Филатовой З.М. педагогические условия определяются как комплекс нужных и требуемых «мер взаимодействия», которые направлены на обеспечение результативного образовательного процесса [9, с. 387].

Согласно Шарабайко О.Г., термин «педагогические условия» можно рассматривать с трех разных точек зрения:

- как некоторые действия;
- как компонент педагогической системы»;
- как процесс.

С одной стороны, педагогические условия - это «определенные действия», которые включают комплекс мер, направленных на улучшение педагогического процесса и решение конкретных задач [11, с. 29-30]. В данном случае педагогические условия можно определить как комплекс мер, которые направлены на то, чтобы повысить результативность и эффективность образовательной деятельности [10, с. 83].

С другой стороны, педагогические условия могут рассматриваться как «компонент педагогической системы», то есть основой является компонент педагогической системы: методы, формы обучения, средства обучения, отношения между учителем и обучающимися и т.д. [10, 11].

Также под педагогическими условиями понимается процесс выбора, создания и внедрения «элементов содержания», методов, форм обучения для того, чтобы добиться поставленных дидактических целей [10, 11].

Таким образом, в исследовании Шарабайко О.Г. дается следующее определение термина «педагогические условия»: это комплекс некоторых действий, осуществляемых с помощью четко организованного процесса, который направлен на улучшение «компонента педагогической системы» [11, с. 30].

Педагогические условия - это [11, с. 31]:

- комплекс взаимосвязанных педагогических «мер взаимодействия» и обстоятельств;
- итог управления педагогическим процессом;
- обстановка процесса обучения, в которой происходит развитие личности участников образовательного процесса;
- фактор успешности образовательного процесса.

Можно констатировать, что в настоящее время не существует однозначного понимания и единой дефиниции термина «педагогические условия». В нашем исследовании мы определяем педагогические условия как обстановку процесса обучения, среду, в которой функционируют участники образовательного процесса, и которая включает набор определенных компонентов (методы, формы, средства обучения, взаимоотношения между субъектами образовательного процесса и т.д.) и характеризуется направленностью на достижение эффективности образовательного процесса и достижение поставленных целей.

Следует отметить, что существуют такие виды педагогических условий, как [11, с. 30]:

- организационно-педагогические (условия образовательного процесса и взаимодействия его участников);

- психолого-педагогические (направленность на развитие личностного компонента педагогической системы);
- дидактические («обстановка процесса обучения»).

Данные виды педагогических условий рассматриваются как комплекс педагогических составляющих образовательной и «материально-пространственной среды», включая элементы психологии, дидактики и организационного процесса, улучшение и развитие которых позволяет достигнуть поставленных образовательных целей [11, с. 31].

Выявление педагогических условий можно представить как поэтапно организованный процесс, который включает следующее [9, с. 387]:

- выделение главных элементов, которые влияют на конечный результат и достижение поставленной цели;
- выделение «комплекса мер», которые направлены на выявление каждой составляющей;
- выделение необходимых условий;
- реализация каждого условия по отдельности или вместе.

Также не существует единого мнения и относительно количества педагогических условий, которые требуются для формирования профессиональной компетенции преподавателя. Выделяют от трех до восьми видов педагогических условий, которые можно объединить в следующие группы [11, с. 32-33]:

- направленность на «ценностно-смысловое» развитие личности;
- направленность на развитие образовательной среды (творческая среда, учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение педагогического процесса);
- рассматриваются «средства и способы организации учебной деятельности»;
- рассматривается уровня сформированности профессиональных компетенций преподавателя.

В исследовании Филатовой З.М. указываются три необходимых педагогических условия для формирования у преподавателей высших учебных заведений компетенции для формирования и применения электронных учебно-методических комплексов [10, с. 85]:

- следование ряду содержательно-методических и технических требований к содержанию электронного учебно-методического комплекса;
- готовность и способность преподавателей к разработке электронного учебно-методического комплекса и его применению;
- необходимо иметь учебно-методическое обеспечение дополнительной программы повышения квалификации преподавателей.

В исследовании Шарайко О.Г. выделяются четыре педагогических условия для успешного формирования профессиональной компетентности преподавателей для разработки и внедрения «интерактивных электронных образовательных ресурсов» [11, с. 33]:

- формирование устойчивого мотивационного компонента для разработки и применения интерактивных электронных образовательных ресурсов;
- наличие учебно-методического обеспечения, материально-техническая оснащенность (персональные компьютеры, проекторы, интерактивные доски, определенное программное обеспечение);
- модульный, вариативный, интенсивный характер обучения преподавателей с учетом их индивидуального плана и образовательного маршрута и уровня сформированности профессиональной компетентности;
- следование ряду требований (содержательным, методическим, дидактическим, техническим, технологическим и т.д.).

Обратимся к понятию «учебно-методическое обеспечение». В нашем исследовании мы определяем учебно-методическое обеспечение как «систему нормативной и учебно-методической документации, регламентирующую деятельность участников проектирования, организации и реализации образовательного процесса» [7, с. 91].

На наш взгляд, эффективное учебно-методическое обеспечение близко понятию «качественное учебно-методическое обеспечение» и характеризуется следующими чертами [8]:

- соответствие набора документов учебному плану;
- оформление в соответствии с заданными требованиями по оформлению;
- соотнесение разработанного учебно-методического обеспечения с требованиями учебного плана на основе формальных и содержательных признаков;
- правильное заполнение таких разделов, как наименование тем, формулировки знаний, умений и навыков, компетенций.

Более того, для формирования эффективного и качественного учебно-методического обеспечения необходимо обращать внимание на «актуальность указанных в ней источников образовательной информации» [6, с. 2].

Процесс разработки эффективного учебно-методического обеспечения при применении компетентностной парадигмы организации образовательного процесса [4] необходимо автоматизировать, так как данный процесс формирования учебно-методической документации является время- и ресурсозатратным, происходят частые обновления учебно-методического обеспечения. Создание и применение шаблонов позволит в значительной степени сократить затраты на разработку учебно-методического обеспечения [6, с. 3].

Таким образом, можно констатировать необходимость разработки учебно-методического обеспечения в таких педагогических условиях, которые позволят свести к минимуму затраты человеческих, материальных и других ресурсов, а также которые необходимы для достижения поставленных педагогических целей.

Разработка эффективного учебно-методического обеспечения требует сформированности у преподавателей общепрофессиональной компетенции по формированию эффективного учебно-методического обеспечения. Под общепрофессиональной компетенцией по формированию учебно-методического обеспечения мы понимаем следующее: «способность и готовность разрабатывать учебно-методическую документацию, выбирать и разрабатывать средства обучения и объективного контроля достижения обучающимися образовательных целей [4, 5].

Данная компетенция характеризуется тремя уровнями сформированности элемента компетенции (пороговым, базовым и высоким) и включает в себя следующие компоненты [7, с. 93-97]:

- когнитивный (понимание сущности понятия «учебно-методического обеспечения в контексте образовательного процесса, знание нормативной и учебно-методической документации и т.д.);
- технологический (способность использовать готовое разработанное учебно-методическое обеспечение в педагогическом процессе, способность работать с научными базами данных, а также применять информационно-коммуникационные технологии и т.д.);
- мотивационный (готовность разрабатывать качественное учебно-методическое обеспечение и осознавать ответственность за разработанное учебно-методическое обеспечение);
- личностный (наличие таких черт характера у преподавателей, как сознательность, гибкость, усидчивость, мобильность, а также самокритичность).

На наш взгляд, для формирования у преподавателей общепрофессиональной компетенции, связанной с разработкой эффективного учебно-методического обеспечения, необходимо выделить следующие педагогические условия:

1. соблюдение установленных методических, технических, оформительных требований при разработке учебно-методического обеспечения;
2. обеспечение способности и готовности преподавателей к формированию учебно-методического обеспечения с возможным использованием дополнительной программы повышения квалификации для достижения поставленной цели;
3. обеспечение мотивационного компонента для разработки эффективного учебно-методического обеспечения;
4. материально-техническая оснащенность при формировании учебно-методической документации;
5. применение модульного характера обучения преподавателей разработке учебно-методического обеспечения и обеспечение индивидуальной траектории развития в зависимости от уровня сформированности общепрофессиональной компетенции.

Таким образом, мы выделяем пять педагогических условий, при которых возможна разработка эффективного учебно-методического обеспечения. Исходя из этого, в настоящем исследовании под педагогическими условиями разработки эффективного учебно-методического обеспечения понимается комплекс взаимосвязанных внешних и внутренних факторов, которые влияют на процесс формирования у преподавателей общепрофессиональной компетенции, связанной с разработкой эффективного учебно-методического обеспечения, а также на результативность данного процесса.

По нашему мнению, обсуждаемые педагогические условия разработки эффективного учебно-методического обеспечения позволят целенаправленно формировать общепрофессиональную компетенцию по разработке учебно-методического обеспечения при осуществлении образовательной деятельности. Это позволит не только эффективно разрабатывать учебно-методическое обеспечение, но и профессионально его модернизировать и внедрять. Именно такой подход позволит решить поставленные образовательные задачи и повысить эффективность образовательного процесса в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчагина Г.А. Педагогические условия реализации модели рекреационно-экологической подготовки специалистов по туризму // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2017. – Т. 9. – № 2. – С. 94-104.
2. Манапова О. Н. Организация учебно-методической деятельности ПОО на основе автоматизированной системы «1С:Колледж» // Инновационное развитие профессионального образования. – 2018. – № 2 (18). – С. 63–67.
3. Муллер О.Ю. Педагогические условия методической компетентности преподавателей вуза в условиях инклюзивного образования // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2019. – Т. 11. – № 2 (44). – С. 93-99.
4. Рудинский И.Д., Давыдова Н.А., Петров С.В. Компетенция. Компетентность. Компетентностный подход. – М: Горячая линия – Телеком, 2019. – 240 с.
5. Рудинский И.Д., Клеандрова И.А. Концепция количественного оценивания объективности педагогического тестирования знаний // Информатика и образование. 2003. № 12. – С. 100-104.
6. Рудинский И.Д., Пугачева Н.С. Автоматизация процесса разработки учебно-методической документации // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 1-10.
7. Рудинский И.Д., Пугачева Н.С. Формирование компетенции по разработке учебно-методического обеспечения у выпускников педагогических направлений // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого- педагогические науки (теория и методика профессионального образования). - 2020. – № 1 (51). – С. 90-98.
8. Системный анализ проблем обеспечения качества учебно-методической деятельности в вузе /Щербаков С.М., Калугян К.Х., Мирошниченко И.И. // Тез. докл. на междунаучно-практич. конф., г. Санкт-Петербург, 10-11 июня. 2019. – Россия, 2019. – С. 351-357.
9. Филатова З.М. Педагогические условия, структура и содержание профессиональной подготовки преподавателей вуза к созданию и использованию электронных учебно-методических комплексов //Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11-2. – С. 386-391.
10. Филатова З.М. Формирование компетентности преподавателей вуза в области создания и использования электронных учебно-методических комплексов (на примере учебных дисциплин направления подготовки «Менеджмент»): дис. ... канд. пед. наук. – Казань, 2016. – 200 с.
11. Шарайко О.Г. Педагогические условия формирования профессиональной компетентности специалиста: научный анализ понятия // Вестник Полоцкого государственного университета, Серия Е. Педагогические науки. – 2016. – № 15. – С. 29-34.

EDUCATIONAL CONDITIONS OF THE DEVELOPMENT OF EFFECTIVE EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL SUPPORT

Pugacheva Natalia Sergeevna, postgraduate student

Immanuel Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad, Russia, e-mail: NPugacheva@kantiana.ru

In the article the notion of «educational conditions» is considered, types of educational conditions and the process of their detection are viewed. The definition of the term «educational and methodological support» is given, criteria for effective educational and methodological support are established. The necessity for development of educational and methodological support in certain educational conditions which help to develop effective educational and methodological support is proved. Professional competence of the development of educational and methodological support is viewed. Educational conditions for the development of educational and methodological support are established.

УДК 514.18(076)

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Рудаченко Светлана Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной графики

Рудаченко Татьяна Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной графики

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: svetlana.rudachenko@klgtu.ru

В работе рассматривается вопрос формирования графических компетенций студентов технических специальностей. Приведена разработанная авторами схема путей повышения качества подготовки студентов первого курса по графическим дисциплинам. Эффективность использования предлагаемой модульной системы обучения подтверждена экспериментально. Авторами представлены результаты итогового тестирования.

На рис. 1 представлены данные входной диагностики (констатирующий эксперимент, проведенный в период с 2010 по 2019 годы). Число студентов, изучавших в школе «Черчение» в 2019 году (по группам), приведено на рис. 2.

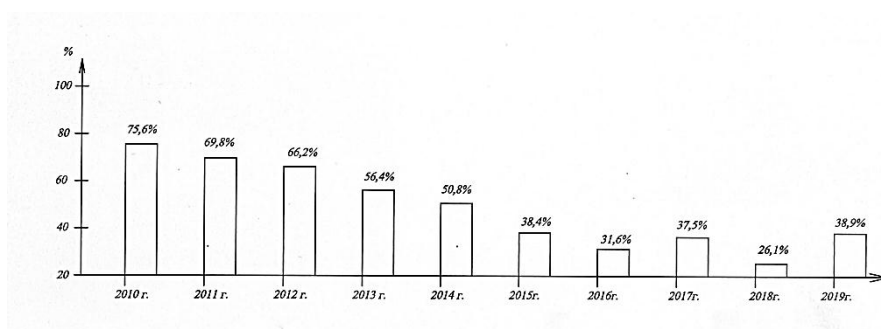


Рис. 1 Данные констатирующего эксперимента, проведенного в 2010-2019гг.

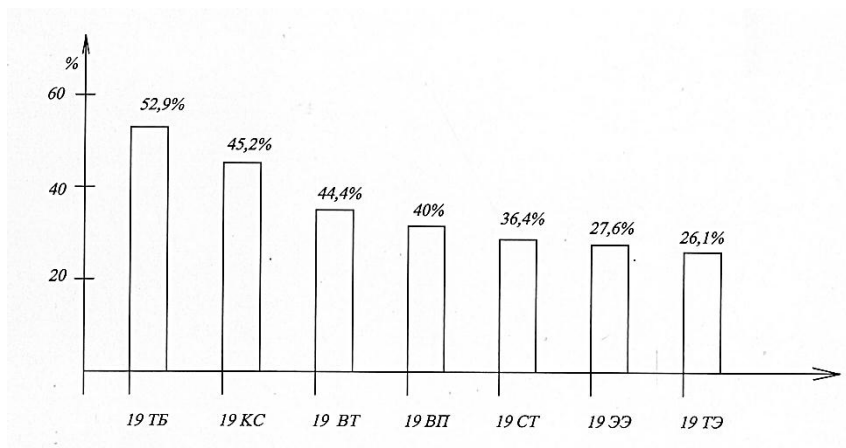


Рис. 2 Число студентов 1-го курса, изучавших предмет «Черчение» в средней школе в 2019г. (по группам)

На рис. 1 показано, что число студентов 1-го курса, изучавших «Черчение» в средней школе с каждым годом уменьшается. Поэтому возникает необходимость разработки и применения усовершенствованных методик обучения графическим дисциплинам.

На рис. 3 приведена схема путей повышения качества подготовки студентов инженерных специальностей.



Рис. 3 Схема путей повышения качества подготовки студентов по графическим дисциплинам

Предлагаемая авторами система обучения включает входное тестирование с целью выявления начального (школьного) уровня компетенций по геометрии и черчению и составления журнала приращения индивидуальной компетенции студентов первого курса. По результатам входной диагностики выбираются контрольные и экспериментальные группы.

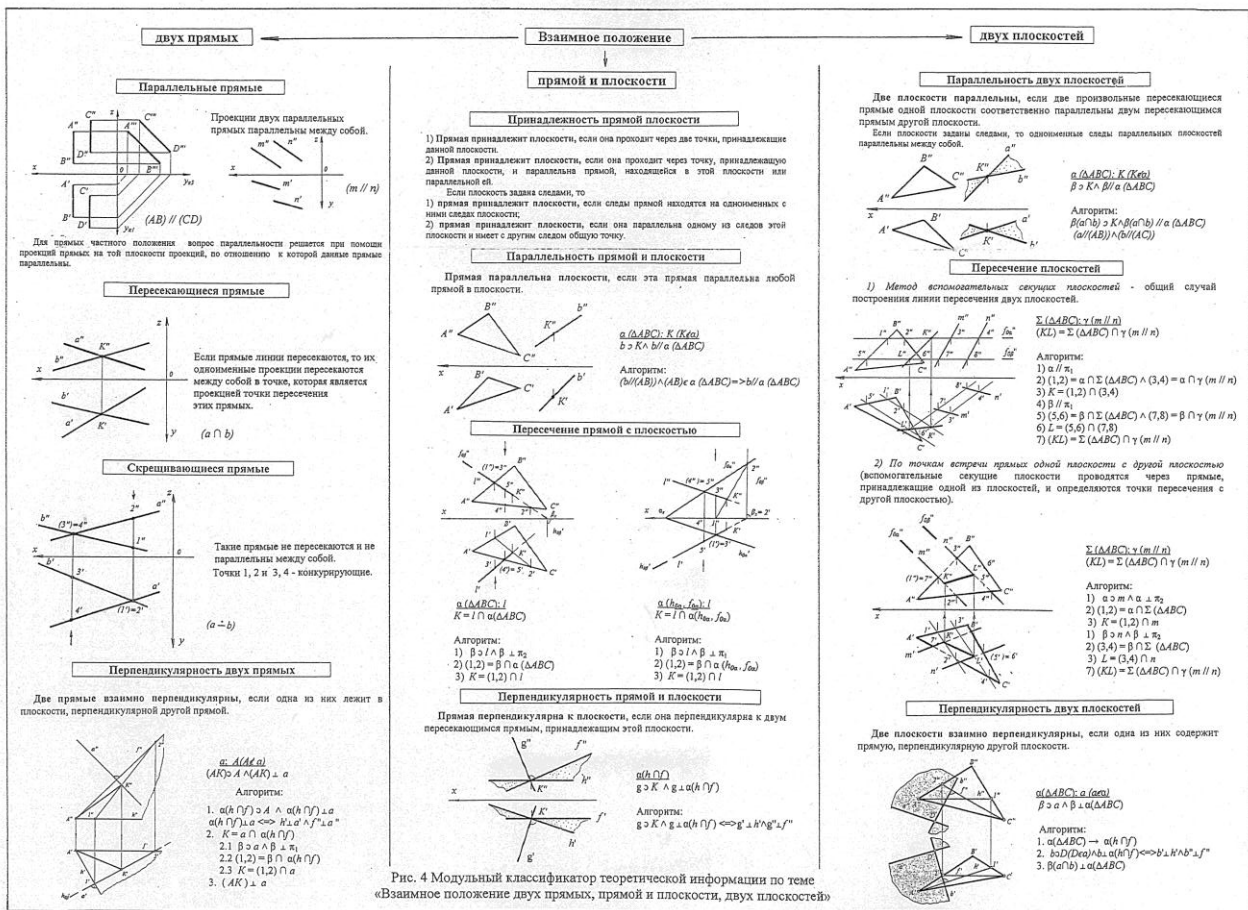


Рис. 4 Модульный классификатор теоретической информации по теме «Взаимное положение двух прямых, прямой и плоскости, двух плоскостей»

Рис. 4 Начертательная геометрия. Пример МКТИ

С целью повышения качества графической подготовки авторами предлагается использовать в учебном процессе пособие развивающего типа, которое структурировано по семи модулям [1]. Начало каждого модуля – это краткое изложение теоретического материала, затем приводятся примеры решения базовых задач по темам. В модулях содержатся задачи нескольких уровней сложности и профессионально-направленные инженерные задачи. Для повышения творческой активности студентов предусмотрена разработка и решение собственных задач витагенно-ориентированного характера (профессиональных задач). Темы этих задач должны быть связаны с будущей профессией. В конце модулей размещены примеры тестовых заданий для самоконтроля, образцы графических работ (эпюров) по начертательной геометрии и варианты заданий для этих работ.

При проведении занятий предлагается использовать разработанное пособие с модульными классификаторами теоретической информации (МКТИ) [2]. С помощью МКТИ можно изложить теоретические основы достаточно большого объема, но в компактной форме и повторить этот материал в начале каждого практического занятия. Модульный классификатор теоретической информации, разработанный авторами по теме «Взаимное положение двух прямых, прямой и плоскости, двух плоскостей», показан на рис. 4.

В соответствии с представленной на рис. 3 схемой путей повышения качества подготовки студентов на практических занятиях проходит модульное тестирование по всем темам дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика». В конце учебного года проводится итоговый контроль (итоговое тестирование) по начертательной геометрии и инженерной графике.

Модульная система обучения применяется также и при изучении раздела инженерной графики «Машиностроительное черчение». Предлагается использовать при обучении разработанное авторами пособие «Машиностроительное черчение с модульными классификаторами теоретической информации» [3]. В этом пособии приведены модульные классификаторы теоретической информации по основным темам этого раздела и примерные тестовые задания для самоконтроля по всем модулям раздела «Машиностроительное черчение».

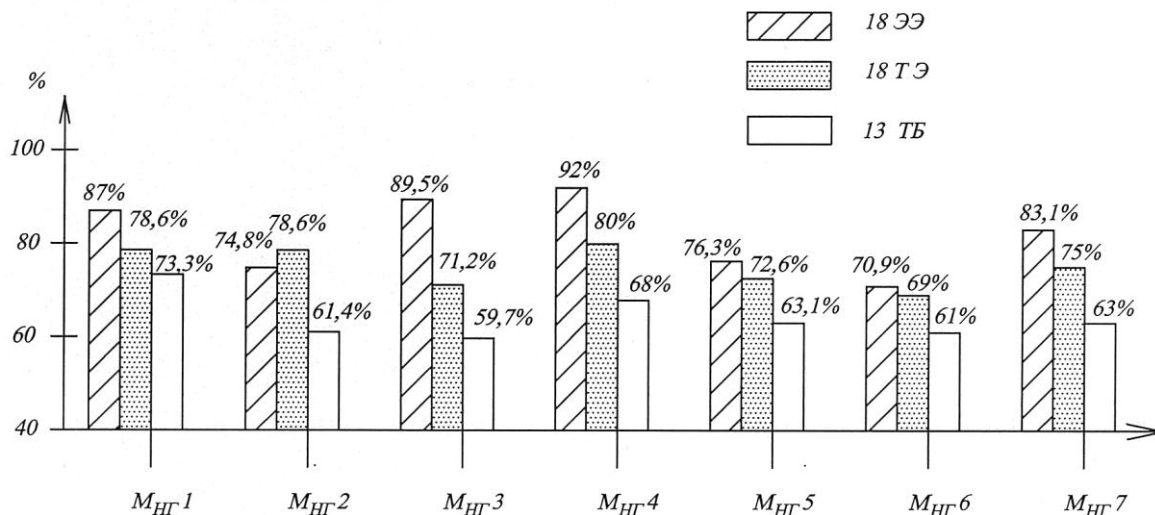


Рис.5 Итоговый уровень графических компетенций (сравнительный анализ по начертательной геометрии: 18-ЭЭ, 18-ТЭ – экспериментальные группы; 13-ТБ – контрольная группа)

На рис. 5-6 приведены экспериментальные данные итогового тестирования, проводимого по отдельным модулям дисциплины в 2019 году.

По начертательной геометрии: по теме «Проецирование точки и прямых» (модуль 1) – итоговый уровень компетенций в экспериментальной группе 18ЭЭ на 13,7% выше, чем в контрольной группе; по теме «Взаимное положение прямых и плоскостей» (модуль 2) – уровень выше на 17,2%; по теме «Метод прямоугольного треугольника» (модуль 3) - выше на 29,8%; по теме «Способы преобразования проекций» (модуль 4) - выше на 24%; по теме «Кривые линии и поверхности» (модуль 5) - выше на 13,2%; по теме «Аксонетрии» (модуль 6) - выше на 9,9 %; по теме «Развертки поверхностей» (модуль 7) - выше на 20,9 %.

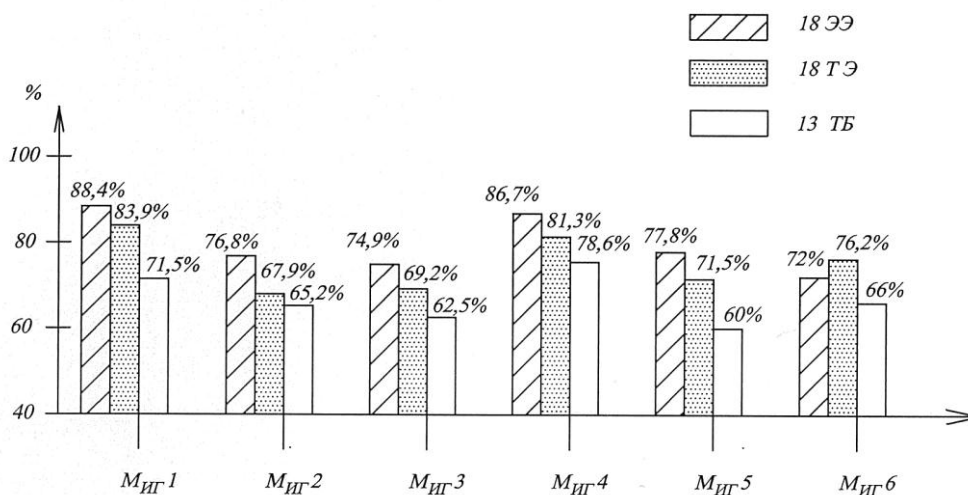


Рис.6 Итоговый уровень графических компетенций (сравнительный анализ по инженерной графике: 18-ЭЭ, 18-ТЭ – экспериментальные группы; 13-ТБ – контрольная группа)

При тестировании по инженерной графике: по теме «Оформление чертежей» (модуль 1) - уровень компетенций у студентов, которые участвовали в эксперименте, на 16,9% выше, чем у студентов в контрольной группе; по теме «ГОСТ 2.305-2008: «Изображения – виды, разрезы, сечения»» (модуль 2) - уровень выше на 11,6%; по теме «Резьбы. Классификация резьб» (модуль 3) - выше на 9,7%; по теме «Изделия крепежные» (модуль 4) - выше на 8,1%; по теме «Разъемные и неразъемные соединения» (модуль 5) - выше на 17,8%; по теме «Эскизы. Сборочные чертежи СБ и чертежи общего вида ВО» (модуль 6) - выше на 10,2%.

Экспериментальная группа 18-ТЭ использовала учебное пособие развивающего типа по начертательной геометрии [1], разрабатывала профессиональные задачи, на практических занятиях проводилось тестирование по всем модулям начертательной геометрии и инженерной графики. Пример профессиональной задачи по модулю 4 «Способы преобразования проекций», разработанной и решенной студенткой экспериментальной группы 18-ТЭ, показан на рис. 7.

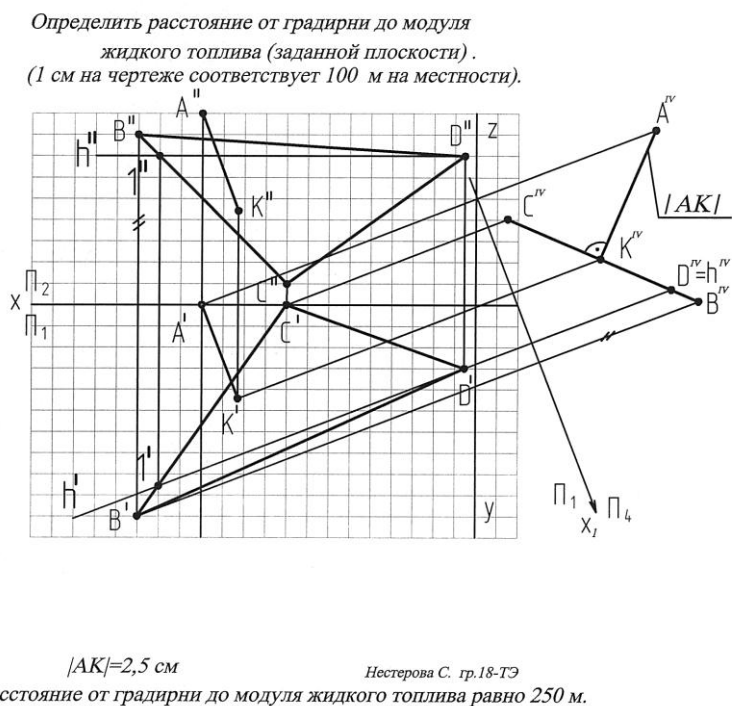


Рис.7 Пример профессиональной задачи

При проведении эксперимента группа 18-ЭЭ использовала при обучении пособия с МКТИ по инженерной графике и машиностроительному черчению [2] и [3]. На практических занятиях эта экспериментальная группа участвовала в модульном тестировании. Экспериментальные данные использования МКТИ по модулям «Проецирование точки и прямых», «Способы преобразования проекций» и «Оформление чертежей» представлены на рис. 8-9.

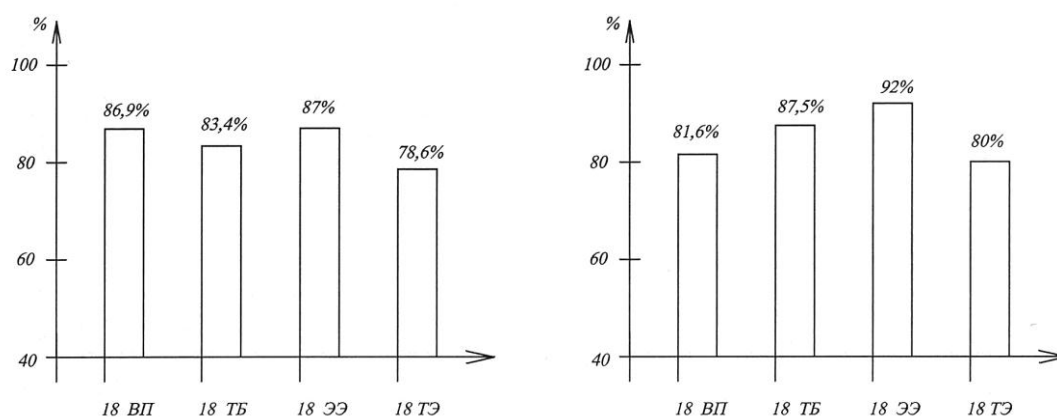


Рис. 8 Экспериментальные данные использования МКТИ по начертательной геометрии по модулям «Проецирование точки и прямых» и «Способы преобразования проекций»

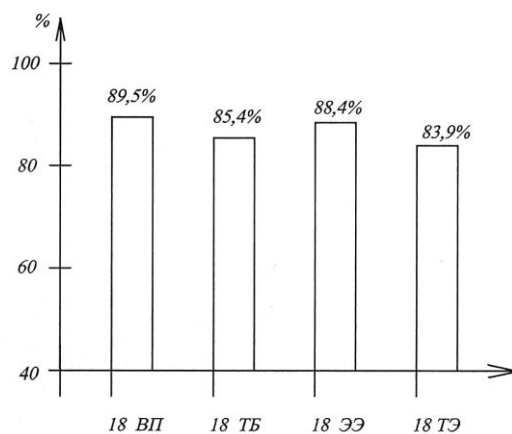


Рис. 9 Экспериментальные данные использования МКТИ по инженерной графике по модулю «Оформление чертежей»

Полученные экспериментальные данные (выходная диагностика) подтверждают эффективность применения разработанной авторами модели системы совершенствования процесса обучения графическим дисциплинам при формировании компетенций студентов первого курса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаченко С.В., Рудаченко Т.В. Решение задач по начертательной геометрии. Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы для студентов 1 курса. - Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. - 100с.
2. Рудаченко С.В., Рудаченко Т.В. Сборник задач для практических занятий и самостоятельной работы по начертательной геометрии и инженерной графике с модульными классификаторами теоретической информации. Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений. - Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. - 48с.
3. Рудаченко С.В., Рудаченко Т.В. Инженерная графика. Машиностроительное черчение с модульными классификаторами теоретической информации: Учебно-методическое пособие / Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. - 25 с.

FORMING THE GRAPHIC COMPETENCE OF TECHNICAL SPECIALTIES STUDENTS

Rudachenko Svetlana Vladimirovna
Rudachenko Tatiana Vladimirovna

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: svetlana.rudachenko@klgtu.ru

The question of forming the graphic competence of technical specialties students are deciding. The model of ways of increase of quality of graphic education of technical university students are introduced in this article. The results of test control proves effectiveness of designed learning model in studying of geometry and graphic.

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО – 2020»

VI INTERNATIONAL CONFERENCE "INNOVATIVE BUSINESS – 2020"

УДК 130.2:62;141.2+62:1;681.51+620.9:001.891.57;621.311

РАНГОВОЕ ГИПЕРПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЮ

Гнатюк Виктор Иванович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры
электрооборудования судов и электроэнергетики

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: mail@gnatukvi.ru

Задача комплексной оценки процесса электропотребления одновременно как с количественной, так и с качественной точек зрения впервые решается введением нового понятия рангового гиперпараметрического распределения техноценоза, под которым понимается заданная в трехмерном ранговом параметрическом пространстве функция трех переменных, ставящая в соответствие множеству значений дифлекс-параметра множество значений электропотребления, ранговой топологической меры, а также дифлекс-угла.

Еще раз обратимся к ранговому анализу как основному методу исследования техноценозов. По определению – это метод исследования техноценозов, имеющий целью их статистический анализ, а также оптимизацию, и полагающий в качестве критерия форму ранговых параметрических распределений. Включает стандартные процедуры параметрического нормирования, интервального оценивания, прогнозирования, нормирования и потенширования. Более тонкий анализ рангового параметрического распределения позволяет существенно повысить эффективность рангового анализа. Он осуществляется в рамках следующих «тонких» процедур: дифлекс-анализа (на этапе интервального оценивания), GZ-анализа (на этапе прогнозирования), ASR-анализа (на этапе нормирования) и ZP-анализа (на этапе потенширования) [1-11].

Известно, что основным инструментом рангового анализа является ранговое параметрическое распределение. Вообще под ранговым распределением понимают полученное в результате процедуры ранжирования видов или особей техноценоза по какому-либо параметру распределение Ципфа в ранговой дифференциальной форме, по сути, являющееся невозрастающей последовательностью значений самих параметров, поставленных в соответствие рангу. Различают ранговые распределения, в которых ранжируются виды по количеству особей, которым они представлены в техноценозе (ранговые видовые), или объекты по значению параметра (ранговые параметрические) [1,11]. Применительно к параметру электропотребления нас будут интересовать ранговые параметрические распределения. И здесь необходимо вспомнить ряд понятий.

По определению под электропотреблением понимается управляемый (фиксируемый в базе данных, оцениваемый, прогнозируемый, нормируемый и потеншируемый) процесс потребления электроэнергии приемниками или потребителями, осуществляемый автономно либо в составе техноценоза. Управление электропотреблением осуществляется с целью обеспечения приемников или потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества с максимальной экономией электроэнергии и минимизацией затрат на всестороннее обеспечение данного процесса. Таким образом, электропотребление как процесс должно описываться комплексным по-

казателем, характеризующим как количественную, так и качественную стороны. Очевидно, что собственно электропотребление как показатель этому требованию не отвечает, так как отражает только количественную сторону процесса.

Ранее нами в рамках процедуры дифлекс-анализа был предложен параметр, описывающий качество процесса электропотребления [1,11]. Дифлекс-анализ – тонкая процедура рангового анализа техноценоза, осуществляемая на этапе интервального оценивания с целью разработки оптимального плана углубленных обследований «аномальных» объектов на среднесрочную перспективу (до 5 – 7 лет). При этом предполагается, что основным параметром процедуры дифлекс-анализа является дифлекс-параметр, под которым понимается отклонение (абсолютное или относительное) эмпирического значения электропотребления объекта техноценоза от нижней границы области допустимых значений (рис. 1). Учитывая сугубо эмпирический характер данного параметра, предлагается его отныне называть ранговым дифлекс-параметром.

Дифлекс-показатель – это мера, отражающая свойство объектов техноценоза осуществлять процесс электропотребления с большей или меньшей степенью энергоэффективности. В данном случае под энергоэффективностью понимается показатель, отражающий уровень минимизации количества электроэнергии для полного обеспечения питаемого технологического процесса.

Дифлекс-показатель k -го объекта техноценоза количественно может характеризоваться абсолютным ранговым дифлекс-параметром (рис. 1):

$$\Delta W(r_k) = |W(r_k) - W^H(r_k)|, \quad (1)$$

- где
- $W(r_k)$ – эмпирическое значение электропотребления k -го объекта в рассматриваемый момент времени;
 - $W(r)$ – ранговое параметрическое распределение;
 - r_k – ранг k -го объекта на распределении;
 - $W^H(r_k)$ – электропотребление, соответствующее k -му рангу на нижней границе области допустимых значений.

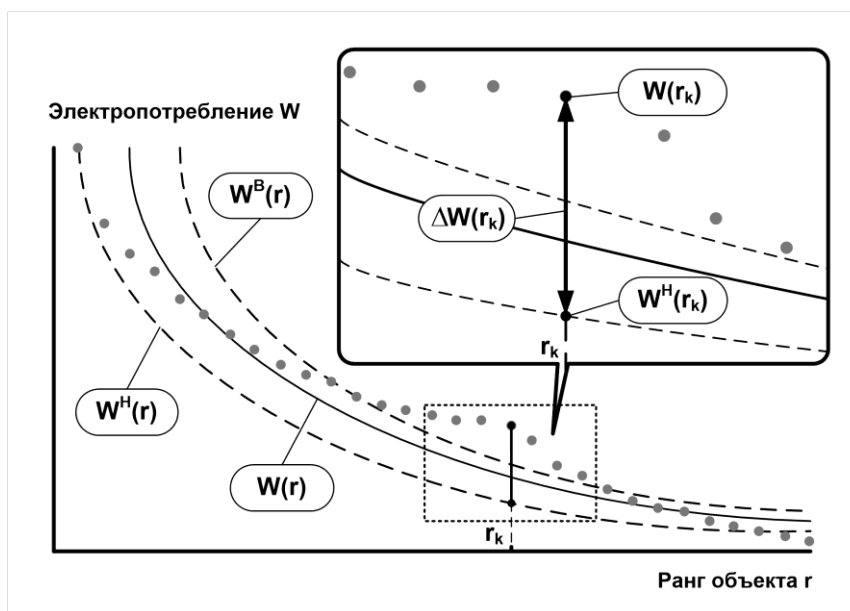


Рис. 1. К понятию рангового дифлекс-параметра

В ряде случаев (при рассмотрении техноценоза в динамике либо при необходимости распределения объектов по функциональным группам) можно вести речь также и об относительном ранговом дифлекс-параметре:

$$\Delta W^o(r_k) = \frac{|W(r_k) - W^H(r_k)|}{W(r_k)}. \quad (2)$$

С целью теоретического обобщения рассмотрим процедуру дифлекс-анализа в области ранговой топологии. Аппроксимация рангового параметрического распределения по электропотреблению позволяет перейти от частной эмпирической выборки к вероятностному распределению генеральной совокупности. Это позволяет ввести понятие ранговой топологической меры и определить топологический дифлекс-параметр (рис. 2) [1,11].

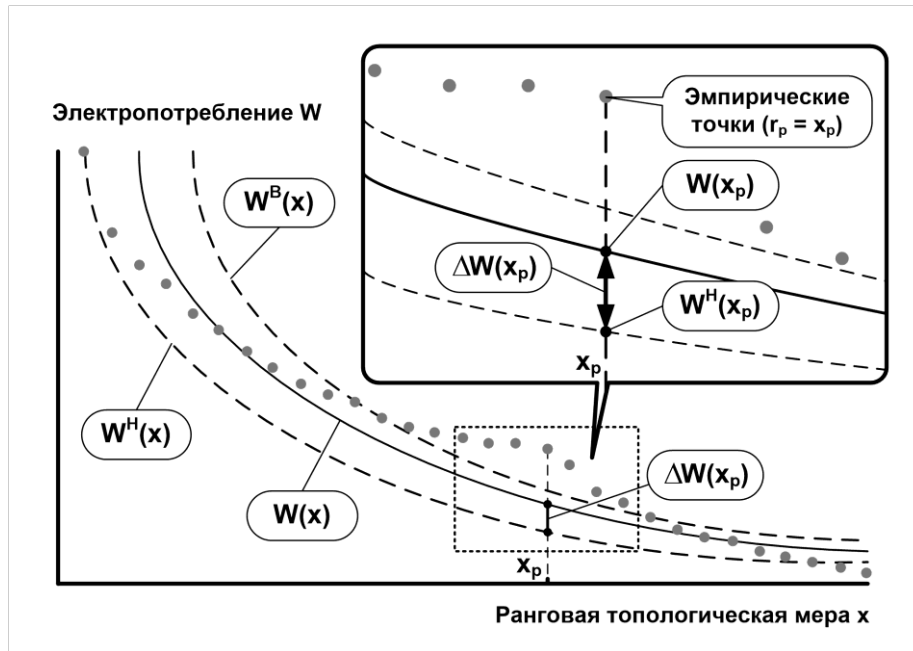


Рис. 2. Топологический дифлекс-параметр по электропотреблению

Подобное континуальное представление позволило в [11] установить однозначное функциональное соответствие между областью значений дифлекс-параметра и множеством значений ранговой топологической меры (рис. 2):

$$\Delta W(x_p) = W(x_p) - W^H(x_p), \quad (3)$$

где $W(x_p)$ – значение электропотребления, соответствующее расчетному значению на аппроксимационной кривой;

$W^H(x_p)$ – значение электропотребления на нижней границе области допустимых значений.

Остается задача полноценной характеристики процесса электропотребления одновременно как с количественной, так и с качественной точек зрения, которая в [11] впервые решается введением принципиально новых понятий. Первое из них – ранговая гиперпараметрическая поверхность техноценоза, под которой понимается заданная в трехмерном ранговом параметрическом пространстве функция двух переменных, ставящая в однозначное соответствие множеству значений топологического дифлекс-параметра множество значений электропотребления и ранговой топологической меры. Второе – ранговое гиперпараметрическое распределение техноценоза, под

которым понимается заданная в трехмерном ранговом параметрическом пространстве функция трех переменных, ставящая в соответствие множеству значений дифлекс-параметра множество значений электропотребления, ранговой топологической меры, а также дифлекс-угла. Обе функции могут быть получены в результате аппроксимации:

$$\begin{cases} \{\Delta W_p\}_{p=0}^{+\infty} \xrightarrow{f: \Delta W \rightarrow W, X} \{W_p, X_p\}_{p=0}^{+\infty} \xrightarrow{\text{Approx}} \Delta W(W, x); \\ \{\Delta W_p\}_{p=0}^{+\infty} \xrightarrow{f: \Delta W \rightarrow W, X, A} \{W_p, X_p, A_p\}_{p=0}^{+\infty} \xrightarrow{\text{Approx}} \Delta W(W, x, \alpha), \end{cases} \quad (4)$$

где $\{\Delta W_p\}_{p=0}^{+\infty}$ – множество значений дифлекс-параметра;
 α – дифлекс-угол техноценоза;
 $\{W_p, X_p\}_{p=0}^{+\infty}$ – множество значений электропотребления и ранговой топологической меры;
 $\{W_p, X_p, A_p\}_{p=0}^{+\infty}$ – множество значений электропотребления, ранговой топологической меры и дифлекс-угла.

Ранговая гиперпараметрическая поверхность техноценоза описывается уравнением аффинной поверхности второго порядка, а ранговое гиперпараметрическое распределение – соответствующим уравнением рациональной кривой второго порядка (о дифлекс-угле будет сказано ниже):

$$\begin{cases} \Delta W = f(W, x); \\ \Delta W = f(W, x, \alpha). \end{cases} \quad (5)$$

На рисунке 3 показаны гиперболические поверхность и кривая, с одной стороны асимптотически сходящиеся к координатной оси ранговой топологической меры, а с другой – к координатной плоскости $\langle \Delta W \square W \rangle$.

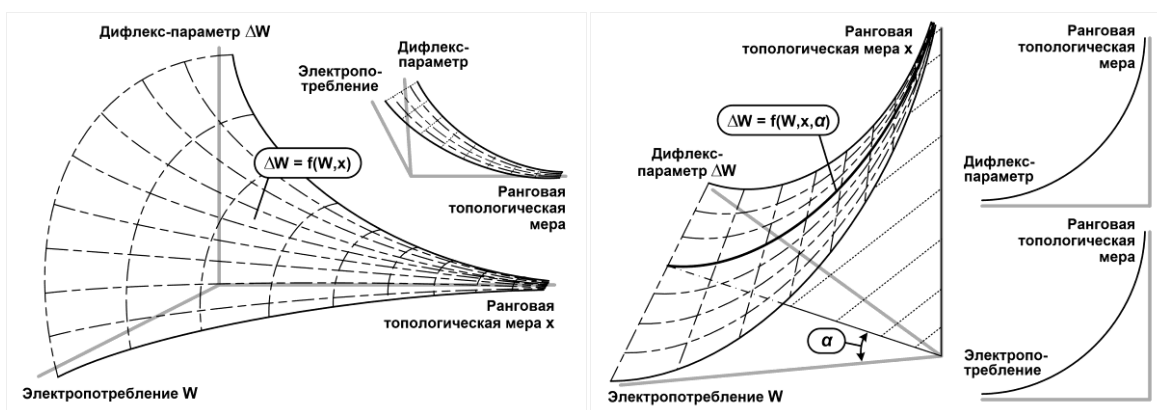


Рис. 3. Ранговая гиперпараметрическая поверхность (верхний рисунок) и ранговое гиперпараметрическое распределение (нижний)

Ранговая гиперпараметрическая поверхность, изображенная на рисунке 3 штриховыми линиями, показывает, своего рода, спектр теоретически возможных форм рангового гиперпараметрического распределения техноценоза, определяемых как его электропотреблением за обозримый промежуток времени, так и различными внешними воздействиями. Поверхность возможных форм ги-

перипараметрического распределения ограничена сектором положительных значений осей дифлекс-параметра, электропотребления и ранговой топологической меры. С координатными плоскостями $\langle W \square x \rangle$ и $\langle \Delta W \square x \rangle$ она имеет пересечения, которые являются гиперболическими кривыми первого порядка для рангового параметрического распределения: в первом случае – по электропотреблению, а во втором – по дифлекс-параметру. Кривая рангового гиперпараметрического распределения техноценоза является пересечением ранговой гиперпараметрической поверхности с секущей плоскостью, проходящей через координатную прямую $\langle x \rangle$. Континуум возможных положений секущей плоскости образует пучок в положительном секторе между координатными осями $\langle W \rangle$ и $\langle \Delta W \rangle$. Очевидно, что форма рангового гиперпараметрического распределения техноценоза зависит от угла поворота секущей плоскости по отношению к координатной плоскости $\langle W \square x \rangle$, который обозначен на рисунке 3 как α . Именно его предлагается называть дифлекс-углом рангового гиперпараметрического распределения техноценоза по электропотреблению.

Как представляется, положение секущей плоскости и, соответственно, угол α зависят от состояния техноценоза, а также внешних управляющих воздействий в рассматриваемый момент времени. Примечательно, что крайние («вырожденные») состояния техноценоза соответствуют следующим дифлекс-углам (в градусах): $\alpha = 0$ – состояние с нулевым дифлекс-параметром во всем диапазоне значений электропотребления; $\alpha = 90$ – состояние с нулевым электропотреблением во всем диапазоне значений дифлекс-параметров. Состояние с $\alpha = 0$ соответствует техноценозу, все приемники и потребители которого потребляют электроэнергию на нижней границе области допустимых значений, однако его интегральное электропотребление в этом случае будет максимальным. Это состояние можно считать начальным в общем процессе управления электропотреблением. Состояние с $\alpha = 90$ соответствует техноценозу, интегральное электропотребление которого равно нулю, что, по сути, означает полное прекращению процесса электропотребления. Очевидно, что реальный техноценоз всегда будет соответствовать какому-то промежуточному значению дифлекс-угла α , который в процессе оптимального управления электропотреблением должен последовательно увеличиваться до целевого значения α^* . При этом мы получаем состояние, своего рода, минимакса: минимальный интегральный дифлекс-параметр при максимальном значении дифлекс-угла, т.е. максимальный показатель качества при минимуме интегрального электропотребления техноценоза. Другими словами, в данном случае техноценоз достигает состояния наивысшей энергоэффективности, что, в известном смысле, можно считать целью процесса управления электропотреблением.

Что же нам дают впервые описанные здесь инструменты? Как представляется, именно ранговые гиперпараметрические поверхность и распределение позволяют корректно решить поставленную выше задачу количественно-качественного описания процесса электропотребления техноценоза. Прежде всего, рассмотрим поверхностный интеграл следующего вида:

$$\int_s \Delta W(W, x) ds, \quad (6)$$

где $\Delta W(W, x)$ – скалярная функция двух переменных, определенная на ранговой гиперпараметрической поверхности техноценоза по электропотреблению;
 ds – бесконечно малый элемент ранговой гиперпараметрической поверхности техноценоза.

В данном случае мы имеем дело с поверхностным интегралом первого рода на скалярном поле, вычисляемым по аффинной поверхности второго порядка $\Delta W(W, x)$ в трехмерном пространстве $\langle \Delta W \square W \square x \rangle$. Рассчитав интеграл в бесконечных пределах параметризации, мы получаем, так называемый, интегральный дифлекс-параметр техноценоза по электропотреблению

ΔW_{Σ} . Очевидно, что данный параметр комплексно характеризует процесс электропотребления, прежде всего, с качественной точки зрения.

Дополним параметр (6) количественным условием, построим целевые функции и введем комплексный критерий оценки процесса электропотребления техноценоза, который выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta W_{\Sigma} = \int_S \Delta W(W, x) ds \xrightarrow{[0; +\infty] \rightarrow 3} \min; \\ \alpha = \xrightarrow{\left\{ \alpha \rightarrow \alpha^* \right\} \equiv \left\{ W_{\Sigma} = \int_0^{+\infty} W(x) dx \rightarrow W_{\Sigma}^* \right\}} \max; \\ \Delta W \geq 0; W \geq 0; x \geq 0; W_{\Sigma} \geq W_{\Sigma}^*; \\ \alpha = \arctg(\Delta W_p / W_p), 0^0 \leq \alpha \leq 90^0. \end{array} \right. \quad (7)$$

Интегральный дифлекс-параметр на фиксированной стадии управления (при $\alpha = \text{const}$) может быть определен как криволинейный интеграл:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta W_{\Sigma} = \int_l \Delta W(W, x, \alpha) dl; \\ \alpha = \text{const}, \end{array} \right. \quad (8)$$

где $\Delta W(W, x, \alpha)$ – скалярная функция, определенная на ранговом гиперпараметрическом распределении;
 dl – бесконечно малый элемент кривой рангового гиперпараметрического распределения.

Как представляется, аналитическая форма рангового гиперпараметрического распределения техноценоза может быть определена теоретически методами дифференциальной геометрии либо эмпирически путем аппроксимации имеющихся данных по электропотреблению [11].

Таким образом, наилучшим можно считать процесс электропотребления техноценоза, минимизирующий интегральный дифлекс-параметр при максимизации дифлекс-угла. Если же сравнивать текущее значение интегрального дифлекс-параметра техноценоза с его значением в оптимальном состоянии, то можно получить параметр, который правомерно интерпретировать как количественную меру ущерба, наносимого техноценозу за счет недостаточной энергоэффективности процесса электропотребления, который предлагается называть интегральным дамадж-параметром (от англ. «damage»). С учетом текущего тарифа на электроэнергию можно записать систему (рис. 4):

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\Sigma}^w = \Delta W_{\Sigma}^t - \Delta W_{\Sigma}^*; \\ D_{\Sigma}^f = \left(\Delta W_{\Sigma}^t - \Delta W_{\Sigma}^* \right) \times sc, \end{array} \right. \quad (9)$$

где D_{Σ}^w – интегральный дамадж-параметр техноценоза, кВт·ч\Т;
 D_{Σ}^f – интегральный дамадж-параметр техноценоза, пересчитанный в соответствии с текущим тарифом;

ΔW_{Σ}^t – текущий интегральный дифлекс-параметр, кВт·ч\Т;

ΔW_{Σ}^* – интегральный дифлекс-параметр, соответствующий оптимальному электропотреблению техноценоза;

sc – текущий тариф на электроэнергию.

В заключение заметим, что критерий (7) позволяет оценивать техноценоз в статическом состоянии на заданный момент времени. Существенные перспективы таит в себе переход к динамической оценке процесса электропотребления, что потребует введения динамических дифлекс-функционалов:

$$\begin{cases} \Delta W(t) = F^W(W(t), x(t)); \\ \alpha(t) = F^{\alpha}(W(t), x(t)), \end{cases} \quad (10)$$

где t – текущее время функционирования техноценоза.

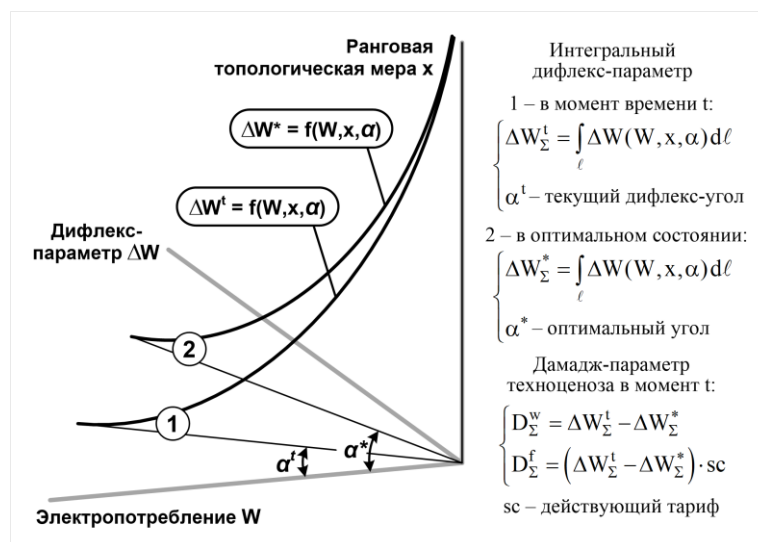


Рис. 4. К понятию дамадж-параметра техноценоза

Таким образом, оперирование в ранговом анализе техноценозов гиперпараметрическими поверхностями и гиперпараметрическими распределениями дает ряд существенных преимуществ. В первую очередь это создает возможность комплексной оценки процесса электропотребления одновременно как с количественной, так и с качественной точек зрения. Так, в соответствии с критерием (7) наилучшим с количественной и качественной точек зрения можно считать процесс электропотребления техноценоза, минимизирующий интегральный дифлекс-параметр при максимизации дифлекс-угла. Реализация процедур прогнозирования применительно к дифлекс-функционалам (10) позволяет оценить параметрическую динамику техноценоза с учетом критерия (7) на заданном горизонте. Количественно меру ущерба, наносимого техноценозу за счет недостаточной энергоэффективности процесса электропотребления, можно оценить с помощью интегрального дамадж-параметра (9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техника, техносфера, энергосбережение [Сайт] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – М.: [б.и.], [2000]. – Режим доступа: <http://www.gnatukvi.ru>, свободный, [рег. от 23.11.2005 № 5409].

2. Гнатюк В.И., Шейнин А.А. Нормирование электропотребления регионального электро-технического комплекса: Экономические проблемы энергетического комплекса. – М.: ИПП РАН, 2012. – 102 с.
3. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Статья] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/index.files/zakon.pdf>, свободный.
4. Гнатюк В.И., Луценко Д.В. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса: Экономические проблемы энергетического комплекса. – М.: Изд-во ИПП РАН, 2013. – 107 с.
5. Гнатюк В.И. Потенциал энергосбережения техноценоза [Трактат] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2013]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/index.files/potential.pdf>, свободный.
6. Гнатюк В.И. Философские основания техноценологического подхода [Монография] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: http://gnatukvi.ru/mono_pdf/text.pdf.
7. Гнатюк В.И. и др. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса. – Калининград: КГТУ, 2015. – 106 с.
8. Gnatyuk, V. Potential of energy saving as a tool for increasing the stability / Viktor I. Gnatyuk, Gennady V. Kretinin, Oleg R. Kivchun, Dmitry V. Lutsenko // International journal of energy economics and policy. – ISSN 2146-4553. – Mersin: Cag University. – 2018. – No 8 (1). – P. 137 – 143.
9. Луценко Д.В. Комбинаторная теория ранговой динамики [Трактат] / Д.В. Луценко. – Первое издание. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2018]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ktrd.pdf>, свободный.
10. Кивчун О.Р. Векторный ранговый анализ [Трактат] / О.Р. Кивчун. – Первое издание. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2019]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/vran.pdf>, свободный.
11. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.

RANK HYPERPARAMETRIC DISTRIBUTION AS AN ELEMENT OF THE DIGITAL DOUBLE BY POWER CONSUMPTION

Gnatyuk Viktor Ivanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Professor of the Department electrical equipment of ships and electric power industry

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: mail@gnatukvi.ru

The task of comprehensively evaluating the process of energy consumption simultaneously from both a quantitative and a qualitative point of view is first solved by introducing a new concept of rank hyperparametric distribution of technocenosis, which is understood as a function of three variables defined in three-dimensional rank parametric space, which sets the set of values of the difflax parameter to values of power consumption, ranking topological measure, as well as difflax angle.

СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ТАЛАНТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ¹

Демина Мария Геннадьевна, куратор выставки

МКУК «Музей А.Д. Сахарова», Нижний Новгород, Россия, e-mail: marydemina@gmail.com

Автор рассматривает проблему исследования одаренных личностей методом анализа данных. В обзоре проводится пример конкретного исследования, выполненного научным коллективом Нижегородского государственного университета Лобачевского. Междисциплинарность исследования позволяет применить данный инструментарий изучения талантливых личностей для использования в прикладных целях различных областей знаний, а также в практических аспектах профессионального становления и самореализации одаренной личности. Тем не менее описанный метод имеет ряд критических моментов, связанных с социально-философской проблемой изучения общества социологическими и математическими методами.

Само словосочетание «управление талантами» является очень спорным. Так как талант – это загадочное свойство человека. В исследованиях, посвященным изучению талантов, в основном отводятся психологические свойства личности или социологические данные, пригодные для использования в hr-технологиях.

Поэтому исследователи, изучая возможности управления талантами и исследования их, опираются прежде всего на необходимость подготовки тщательной информационной базы для исследования.

Современные платформы, являющиеся прикладами инструментами для определения и развития одаренной личности,

Рассмотрим, как пример исследование, проведенное научным коллективом ННГУ («Разработка многофакторной социально-экономической модели поведения одаренной личности с применением методов машинного обучения»).

Исследование направлено на формирование готового механизма анализа биографических данных, с целью выработки алгоритма поиска свойств одаренной личности.

Для выделения различных поведенческих стратегий в становление талантливой личности и факторов достижения личного успеха было проведено междисциплинарное исследование, основанное на биографии 300 выдающихся людей (ученые естественно-научного и гуманитарного направления, предприниматели в разных сферах, художники, музыканты) периода XVII – XXI веков.

Методом исследования является контент-анализ биографических данных, поиск структуры данных с использованием машинного обучения, метод UMAP, их кластеризация (метод k-средних). [1 С. 428]

Первоначально исследование было проведено на примере 100 выдающихся ученых и в дальнейшем расширено. Предполагается, что в будущем данная система сможет самостоятельно выделять необходимые для анализа элементы биографии, но пока это приходится делать вручную. А именно, систематизация и кодирование, при выделении четырех этапов развития одаренной личности в достижении профессиональных успехов.

Первое – это старт, в каких условиях родились рассматриваемые выдающиеся личности. За базовый фактор была взята семья, её социально-экономические условия, по заданным критериям (богатая-небогатая, образованная-необразованная). Вторым этапом стало обучение и становление, где наиболее значимым фактором стало образование (нет образование/ есть, но первое не профильное/ есть, профильное). На третьем этапе определяющим стала сфера исследования, где выделялось направление, было ли оно инновационным или традиционным. Так же, вторым значимым

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-29-07462

фактором является было ли достижение полученным при работе в научном коллективе, или же достигнуто при самостоятельном поиске. Четвертый этап наследие и передача опыта, этот этап в ходе исследований не рассматривался. Также было сформировано «облако связей» одних личностей с другими, учитывая географическую принадлежность.

Таким обзором, при помощи метода машинного обучения были выделены кластеры, по которым можно классифицировать успешных, одаренных личностей. (Например «в четвёртый кластер вошли преимущественно представители науки и образования, которые имели наставников и сами становились наставниками. В этой группе меньше, чем в остальных, проявлялась ранняя одарённость.» [1 С. 429])

В результате исследования были выделены четыре основных типа одаренных личностей.

		Цель (личность)			
		Результат	Деятельность		
Неопределенность	Высокая	2 тип (С. Дягилев)	3 тип (Х. Колумб)	Высокая	Гибкость (личность)
	Низкая	1 тип (С. Королев)	4 тип (В. Моцарт)	Низкая	
		Проектное	Процессное		

Рис.1 Стратегии развития одаренной личности [2 С. 463]

Для наглядности, полученных результатов представлена схема четырех стратегий развития одаренной личности. (Табл. 1) «Можно предположить, что одарённые личности, реализующие стратегии деятельностного типа (3 и 4 тип) становятся «эталоном» профессиональной деятельности (ср. мифы: «открыть как Колумб Америку», быть «маленьким Моцартом»). В то же время личности, реализующие продуктивные стратегии (1 и 2 тип) остаются в памяти поколений через продукты своего труда» [2 С. 465]

На примере данного исследования мы видим явный способ проявления социологических методик, слившихся с методиками машинного обучения, экономики, истории и социальной философии. Междисциплинарность - принципиально важное свойство для гуманитарного исследования, так как существует запрос на выработку новых научных методов, способных объяснить кризисные явления.

К философской критике исследования можно отнести наличие суггестивных социологических свойств, полученных результатов.

Это означает, с одной стороны, что такие типы исследований способны давать достаточно точный результат. Так как коллективное сознание устроено таким образом, что исследование группы, как правило, в любом случае дает точное представление о поведенческих особенностях аналогичной группы. (Пример такой эффективности является любой профессиональный, грамотно составленный, социологический опрос. К примеру, в ходе проведения общественно-политических исследований, опрос, правильно отобранных 20 человек на одном избирательной участке, на котором проживает более 1000 человек, покажет картину политического поведения всего участка).

С другой стороны, за данной эффективностью стоит идея, что жизненные аспекты любой личности облеченные в вербальные или цифровые формы, или любые смысловые (застывшие) очертания, приводят к тому, что исследовательская работа ведется не с личностями, а с их информационными производными. Что и является серьезной проблемой общественных наук.

Данный метод разработки инструментария может быть внедрен в систему цифровых образовательных платформ.

В частности, говоря об образовательных платформах (имеющих цель помимо образования рекрутирование успешных студентов), также речь идет о взаимодействии личности с оформлен-

ными в кейсы производными образовательной системы. Иными словами, не смотря на успешность образовательных платформ (I-generation (ННГУ), Leader ID, или открытых платформ для онлайн-курсов), успешность студента измеряется не только его способностями, но и гибкостью во взаимодействии с онлайн обучением.

Примером реализованной успешной образовательной онлайн-платформы является «I-Generation» (i-generation.unn.ru), реализованной также в Университете Лобачевского на базе Института Экономики и Управления (автор: Чепьюк О.Р.). Платформа представляет собой полноценную социально-образовательную цифровую среду, включающую в себя элементы социальных сетей, образовательных порталов и игровых элементов. «Предложенный нами комплексный подход к разработке платформы позволил устранить недостатки технологических трендов, когда они внедряются в образовательный процесс в отдельности и дал необходимый синергетический эффект от их совмещения». [3 С. 83]

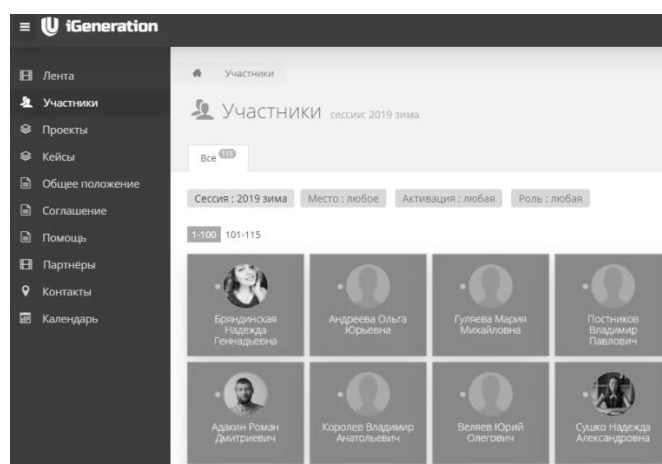


Рис 2. Интерфейс платформы i-generation (i-generation.unn.ru)

Традиционная образовательная система, все больше теряет свою актуальность, а развитие цифровых технологий вносит свои изменения в процесс обучения. Появляются масса цифровых образовательных платформ, где обучение проходит удаленно, в режиме онлайн. За счет развития технологий многие процессы удалось автоматизировать, что существенно сокращает издержки на обучение. А спрос на образовательные продукты диктует, чтобы обучение велось на реальных примерах. Помимо «трех китов» новых образовательных платформ «автоматизация, асинхронность (дистанционность), а также обучение на примерах. Четвертый вектор, который часто упускается из виду, это мотивация обучающегося.» [3 С. 79] При этом, мотивация явно снижается при дистанционном обучении, требующем высокого уровня самоорганизации. Существует множество данных из зарубежного опыта, свидетельствующих о том, что большинство, обучающихся онлайн, склонны бросать обучение.

Если говорить о более широком применении новых образовательных систем, дающих возможность обучающемуся самостоятельно выбирать где и чему учиться, нельзя не отметить, что в текущих реалиях достижения успеха зависит не столько от того, как эта образовательная система подготавливает к этим реалиям, сколько от способности самого обучающегося адаптироваться и изменяться постоянно и осваивать новые компетенции и получать навыки необходимые для профессиональной деятельности. Для достижения этих целей образовательные платформы должны иметь упорядоченную систему знаний с удобной навигацией по ним, учитывать личные качества и цели обучающегося для самостоятельного и осознанного выбора.

Во-многом, эффективность достигается «эволюционным» путем, за счет конкуренции подобных платформ между собой, а иногда для её повышения необходимо кооперация с крупными (в том числе государственными) образовательными субъектами, так как для существенного роста эффективности возникает потребность в работе с большими данными, которые не обошли стороной и тему образования. Под работой с большими данными подразумевается, не только их хранение и обмен, но постоянная фиксация действий и информации об обучающемся, чем больше данных об обучении имеется, тем больше шансов их интерпретировать. (Речь идет о гигантском коли-

честве метаданных и цифрового контента, нежели о привычных данных об успеваемости и посещаемости).

Метод «Data mining» позволяет находить закономерности в образовательном процессе, изучение поведения уже отучившихся, их цифровых профилей, активностей и результатов, позволяет создавать персональные рекомендации и выстраивать траектории для тех, кто только начинает или продолжает обучение.

Разработка онлайн-платформ обучения, а также поиски новых методов исследования талантливых личностей, активно развиваются благодаря существующему кризису традиционного образования и существующему запросу государственных институтов.

Получается, что, создаваясь «за счет» традиционной образовательной системе (на ее базе), онлайн-платформы элиминируют успешность первого. В этом смысле цифровая образовательная среда становится матрицей для формирования образовательных навыков.

Современное общество объединяется за счет технологий. Существующий дисбаланс между культурой, образованием и технологиями существует во многом из-за отсутствия понимания между индивидом и техникой, отсутствия гармонии, эту тема присутствует в исследованиях Ю. Хаббермаса. Технологизм становится не просто онтологическим признаком, он становится формой рефлексии формой самоанализа, т.е. внутренней сутью современного субъективизма.

Нельзя забывать, что современные цифровые образовательные платформы – это прежде всего технологизированное взаимодействие, не общение, не душевное взаимодействие.

Рассмотренный пример создания цифровой системы анализа одаренной личности является своеобразной экспликацией социальности в технологизированную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильданов В.К. Использование методов машинного обучения в задаче выделения поведенческих стратегий одаренной личности. Кластеризация цифровой экономики: глобальные вызовы: сборник трудов национальной науч.-практ. конф. с зарубежным участием, 18-20 июня 2020г. В 2 т. Т.2 / под ред. д-ра экон. наук, проф. Родионова Д.Г., д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 425-432

2. Чепьюк О.Р. «Цифровой» талант-менеджмент: индивидуализация траекторий на основе поведенческих стратегий личности. В сборнике: Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы. Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием. В 2-х томах. Под редакцией Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина, 2020. С. 460-467

3. Чепьюк О.Р., Шалыминов А. О. Практико-ориентированное обучение на базе web технологий дистанционного образования (на примере web-платформы обучения предпринимательству в ННГУ iGeneration // Открытое образование. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktiko-orientirovannoe-obuchenie-na-baze-web-tehnologiy-distantsionnogo-obrazovaniya-na-primere-web-platformy-obucheniya> (дата обращения: 07.09.2020).

SOCIO-PHILOSOPHICAL VIEW ON TALENT MANAGEMENT ACTIVITIES USING DIGITAL LEARNING PLATFORMS

Demina Maria Gennadievna, exhibition curator

MKUK "The Sakharov museum", Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: marydemina@gmail.com

The author examines the problem of researching the gifted individuals by the data analysis method. This review provides an example of a specific research which was done by the research team at Lobachevsky University in Nizhny Novgorod. The interdisciplinarity of the research makes this described "toolkit" ready to be used for the studies of talented individuals and can be applied for the different purposes in various fields of knowledge, as well as in practical use in professional development and self-realization of a gifted person. Nevertheless, the described method touches socio-philosophical problem of studying society by the sociological and mathematical methods.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАСЧЁТ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

¹Дорофеев Сергей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник

¹Ковалевский Родион Игоревич, научный сотрудник

²Меркулов Александр Алексеевич, директор технопарка

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: dorofeev1973@mail.ru; rodik_net9@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: alexandr.merkulov@klgtu.ru

В статье рассматривается применение искусственной нейронной сети при определении показателей эффективности внедрения управленческих решений и качественного состава основного оборудования объектов техноценоза для планирования организационных и технологических решений, реализация которых позволит достичь, рассчитанный в рамках процедуры потенцирования, потенциал энергосбережения.

Одной из актуальных проблем современного мира является экономия энергоресурсов. В экономически развитых странах проводятся научные конференции, международные форумы, разрабатываются и реализуются целевые программы по снижению количества энергопотребления.

Одним из методов оценки возможной величины снижения электропотребления является техноценологический подход, основанный на понятии техноценоза, теории делимых устойчивых безгранично делимых гиперболических распределений и ранговом анализе [1]. В развитии вышеуказанного подхода научной школой под руководством профессора В.И. Гнатюка разработана методика оптимального управления электропотреблением включающая процедуру оценки потенциала энергосбережения – потенцирование [1-3]. При этом, под потенциалом энергосбережения следует понимать величину возможного на данном временном интервале снижения электропотребления техноценоза без ущерба нормальному функционированию его объектов (рис. 1).

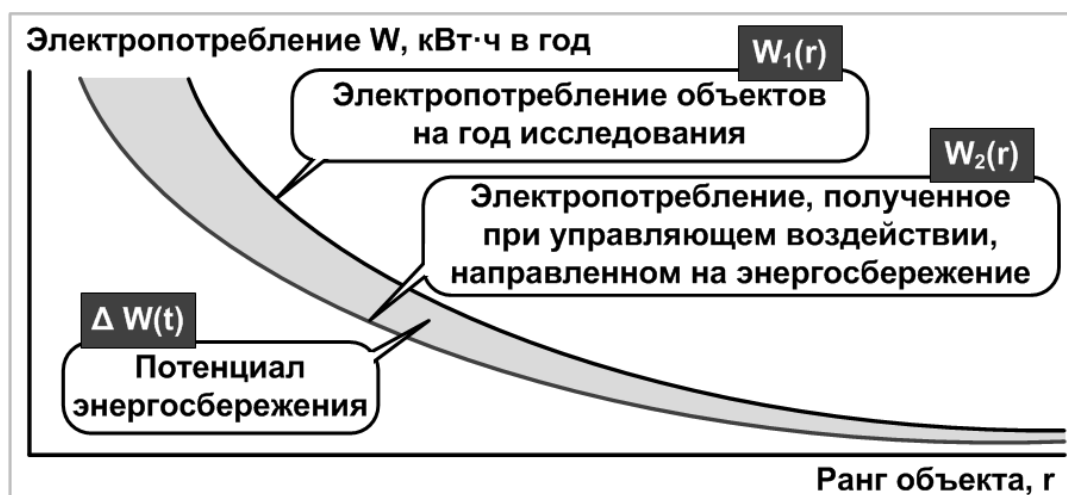


Рис. 1. Потенциал энергосбережения техноценоза

Потенциала энергосбережения рассчитывается по выражению [1]:

$$\Delta W_t = \int_0^{\infty} W_1(r) dr - \int_0^{\infty} W_2(r) dr \quad (1)$$

В рамках процедуры потенцирования осуществляется трёхуровневая оценка потенциала энергосбережения [1-3]:

- первый уровень – Z1-потенциал (системный) – учитывает системные ограничения по электропотреблению;
- второй уровень – Z2-потенциал (объектный) – учитывает лучшие организационные и технологические решения, доступные для техноценоза;
- третий уровень – Z3-потенциал (нормированный) – учитывает лучшие энергоэффективные решения, реализованные в странах мира (рис. 2).

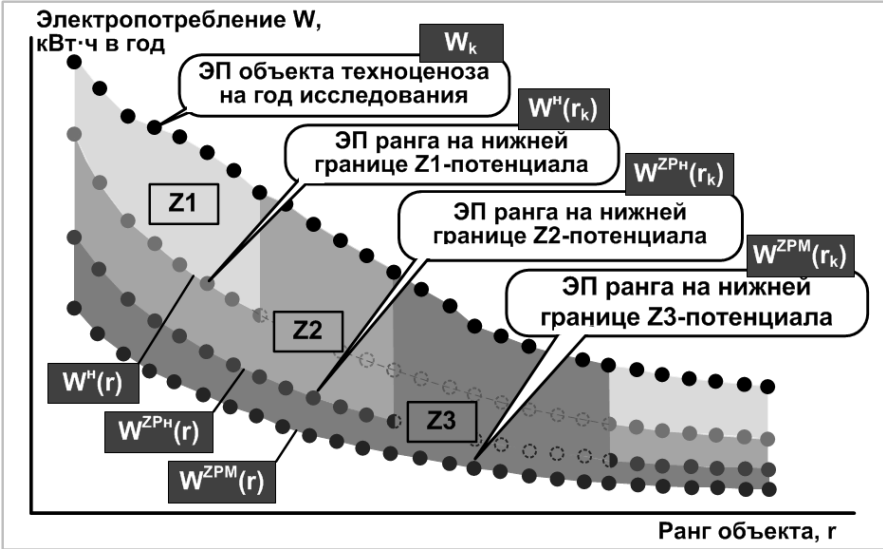


Рис. 2. Уровни потенциала энергосбережения техноценоза

- где $W^H(\mathbf{r})$ – нижняя граница переменного доверительного интервала;
 $W^{ZPH}(\mathbf{r})$ – нижняя граница ZP-интервала;
 $W^{ZPM}(\mathbf{r})$ – нижняя граница ZPM-интервала.

Первый уровень – Z1-потенциал, соответствует нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания. Второй уровень – Z2-потенциал, соответствует нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания после процедуры ZP-нормирования, которая предусматривает пересчет электропотребления объектов внутри функциональных групп на основе лучших графиков нагрузок и значений электропотребления [1]. Третий уровень – Z3-потенциал, основанный также, как и Z2-потенциал на процедуре ZP-нормирования, но электропотребление пересчитывается внутри функциональных групп на основе лучших мировых показателей [4].

Климатические условия, качественный состав основного оборудования и эффективность применяемых управленческих решений на объекте оказывают влияние на значение его электропотребления и соответственно потенциал энергосбережения. Данная зависимость описывается выражением:

$$W_k(t) = f(C_k(t), AL_k(t), T(t)) \tag{2}$$

- где $W_k(t)$ – электропотребление k-го объекта за расчётный временной интервал t;
 $C_k(t)$ – показатель эффективности внедрения на k-ом объекте за расчётный временной интервал t управленческих решений по энергосбережению;
 $AL_k(t)$ – состав основного оборудования k-го объекта за расчётный временной интервал t;
 $T(t)$ – климатические условия, в которых расположен объект исследования.

Климатические условия являются нерегулируемым показателем, следовательно, величина возможной реализации потенциала энергосбережения будет определяться по выражению:

$$\Delta W_k(t) = f(W_k(t), C_k(t), AL_k(t)) \tag{3}$$

где $\Delta W_k(t)$ – потенциал энергосбережения k-го объекта за расчётный временной интервал t.

Показатель эффективности внедрения на объекте за расчётный временной интервал управленческих решений, направленных на энергосбережение, является комплексной величиной, зависящей от следующих параметров:

$$C_k(t) = f(X_{Ck1}, X_{Ck2}, X_{Ck3}) \tag{4}$$

- где X_{Ck1} – актуальность разработанных и эффективность внедрения руководящих документов, регламентирующей экономию электроэнергии (приказы, методические указания, инструкции и т.д.);
- X_{Ck2} – уровень квалификации и подготовки персонала, эксплуатирующего электрооборудование;
- X_{Ck3} – степень автоматизации технологических процессов на объекте.

Показатель, характеризующий качественный состав основного оборудования на объекте также является комплексной величиной, зависящей от параметров:

$$AL_k(t) = f(X_{ALk1}, X_{ALk2}, X_{ALk3}) \tag{5}$$

- где X_{ALk1} – оптимальность номенклатурного состава используемого электрооборудования;
- X_{ALk2} – оптимальность выбора режима эксплуатации электрооборудования;
- X_{ALk3} – критерий, характеризующий оптимальный удельный расход электроэнергии на единицу произведённой продукции (выполнение задачи, согласно предназначения).

Степень влияния вышеперечисленных параметров на соответствующие показатели различна. Для её оценки, необходимо вычислить весовые коэффициенты данных параметров, определение которых возможно с использованием искусственной нейронной сети методом обратного распространения ошибки (рис. 4).

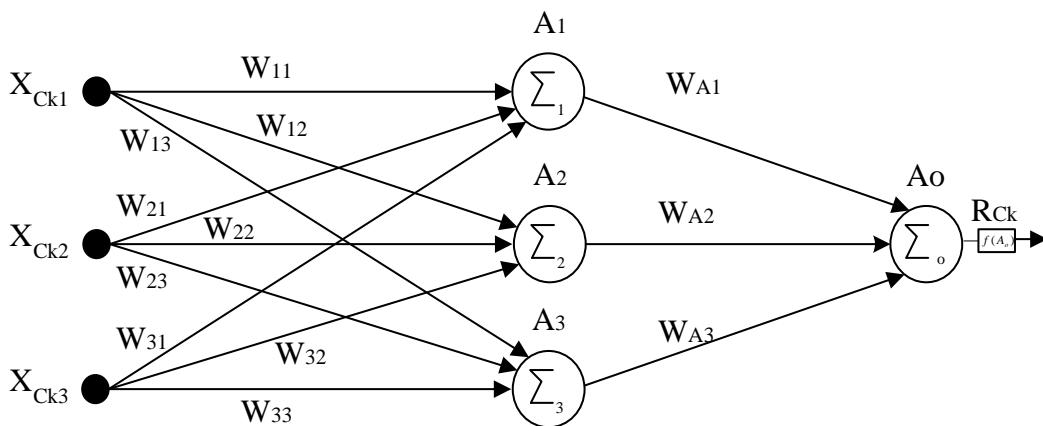


Рис. 3. Схема нейронной сети для оценки показателя эффективности внедрения на объекте управленческих решений

где $W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{31}, W_{32}, W_{33}$ – весовые коэффициенты параметров;
 A_1, A_2, A_3, A_0 – ассоциативные А-элементы;
 W_{A1}, W_{A2}, W_{A3} – весовые коэффициенты, полученные в результате обработки информации ассоциативными элементами;
 R_{Ck} – R-элемент, формирующий сигнал реакции сети на входные значения параметров.

Рассматриваемая нейронная сеть (рис. 4) включает:

- входные параметров, полученные при процедуре оценки потенциала энергосбережения;
- ассоциативные или А-элементы, выполняющие нелинейную обработку информации;
- R-элемент, формирующий значение показателя эффективности внедрения на объекте управленческих решений.

Значения ассоциативных А-элементов определяются, как сумма произведений входных параметров нейронной сети и их весовых коэффициентов, которые присваиваются в соответствии с предварительно оцененной степенью влияния каждого параметра на рассматриваемый объект.

$$A_i = \sum X_{Cki} \cdot W_{ij} \quad (6)$$

где A_i – ассоциативные А-элементы искусственной нейронной сети, где i – номер А-элемента;
 X_{Cki} – входной параметр показателя эффективности внедрения на объекте управленческих решений, направленных на энергосбережение, где i – номер параметра;
 W_{ij} – весовой коэффициент входного параметра, где i – номер параметра, j – номер весового коэффициента параметра.

На основе рассчитанных значений А-элементов, суммирующий ассоциативный A_0 – элемент определяется по выражению:

$$A_0 = A_1 W_{A1} + A_2 W_{A2} + A_3 W_{A3} \quad (7)$$

Зависимость сигнала реакции искусственной нейронной сети от суммирующего ассоциативного элемента описывается сигмоидальной функцией (рис. 5):

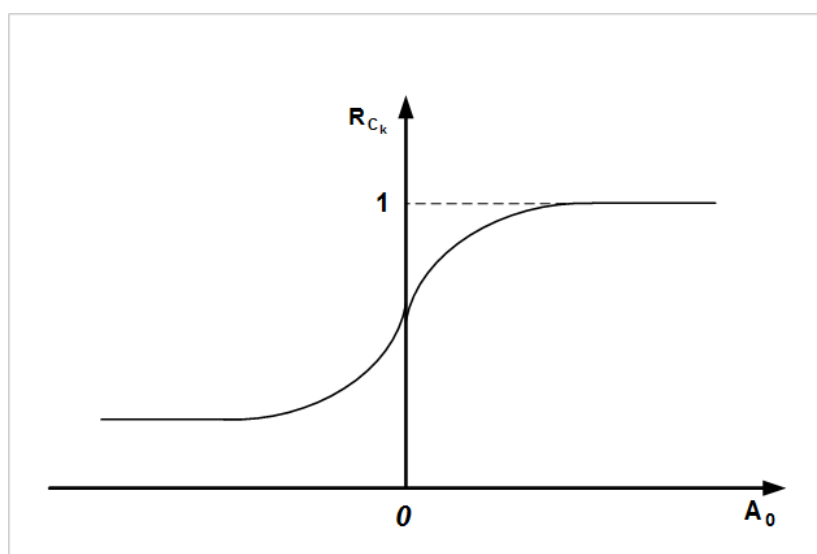


Рис.4. Зависимость формируемого сигнала реакции искусственной нейронной сети от полученного значения суммирующего ассоциативного элемента

и определяется по выражению[7]:

$$R_{Ck} = f(A_o) = \frac{1}{1+e^{-A_o}} \quad (8)$$

Для определения общей ошибки вычислений искусственной нейронной сети, необходимо сравнить полученное значение R-элемента с заданным ожидаемым результатом показателя эффективности:

$$e_{R_{Ck}} = R_{Ck}^o - R_{Ck} \quad (9)$$

где $e_{R_{Ck}}$ – значения общей ошибки расчёта нейронной сети;

R_{Ck}^o – ожидаемое значение показателя эффективности внедрения на объекте управленческих решений, направленных на энергосбережение.

При этом, учитывая, что ожидаемое значение показателя эффективности должно стремиться к единице ($R_{Ck}^o \rightarrow 1$), что соответствует входным параметрам нейронной сети, при которых будет полностью реализован потенциал энергосбережения (1), то значения общей ошибки первого этапа расчёта нейронной сети определяется:

$$e_{R_{Ck}} = 1 - R_{Ck} \quad (10)$$

В случае расхождения полученного и ожидаемого значений показателя эффективности, необходимо рассчитать ошибку каждого ассоциативного A-элемента:

$$e_{A_i} = e_{R_{Ck}} \cdot W_{A_i} \quad (11)$$

где e_{A_i} – ошибка измерений для каждого ассоциативного A_i -элемента.

W_A – весовые коэффициенты, полученные в результате обработки информации ассоциативными A_i -элементами.

С учетом рассчитанных ошибок вычислений пересчет весовые коэффициенты для входных параметров нейронной сети осуществляется по выражению [8]:

$$W_{ij}^{n+1} = W_{ij} + I_{rate} \cdot e_{A_i} \cdot \frac{dR_{Ck}}{dA_i} \cdot X_{Cki} \quad (12)$$

где W_{ij}^{n+1} – значение весового коэффициента, с учетом ошибки предыдущего (n-го) цикла вычислений, где i – номер параметра, j – номер весового коэффициента;

I_{rate} – коэффициент, характеризующий скорость обучения нейронной сети, для определения оптимального количества циклов вычислений;

$\frac{dR_{Ck}}{dA_i}$ – производная от функции каждого A-элемента (скорость изменения функции).

Значения весовых коэффициентов для ассоциативных A_i -элементов, необходимых для расчета A_o -элемента, определяются по выражению[8]:

$$W_{Aj}^{n+1} = W_{Aj} + I_{rate} \cdot e_{R_{Ck}} \cdot \frac{dR_{Ck}}{dA_o} \cdot X_{Cki} \quad (13)$$

где W_{Aj}^{n+1} – значение весового коэффициента, с учетом ошибки предыдущего (n-го) цикла вычислений, j – номер весового коэффициента;

$\frac{dR_{Ck}}{dA_o}$ – производная от функции A_o -элемента (скорость изменения функции).

Производная для каждого A-элемента рассчитывается по выражению [7]:

$$\frac{dR_{Ck}}{dA_i} = \left(\frac{1}{1+e^{-A_i}}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{1+e^{-A_i}}\right) \quad (14)$$

По пересчитанным значениям весовых коэффициентов, производится повторное вычисление R-элемента сети и сравнение его с ожидаемым результатом. Цикл вычислений будет повторяться до получения оптимального значения R-элемента, близкого к ожидаемому. Полученные при этом весовые коэффициенты позволят определить требуемые значения параметров для ожидаемого показателя эффективности.

Требуемые значения входных параметров для показателя характеризующего качественный состав основного оборудования определяются аналогично.

Таким образом, для реализации потенциала энергосбережения, использование искусственной нейронной сети методом обратного распространения ошибки позволит определить для каждого объекта показатели эффективности внедрения управленческих решений и качественного состава основного оборудования, а также рассчитать требуемые значения параметров вышеуказанных показателей для планирования организационных и технологических решений, направленных на снижение электропотребления с учётом особенностей функционирования объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [КИЦ «Техноценоз»], [2014]. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, (дата обращения 13.08.2020).
2. Potential of Energy Saving as a Tool for Increasing the Stability of Electrical Supply of the Kaliningrad Region / Gnatyuk V.I., Kretinin G.V., Kivchun O.R., Lutsenko D.V. // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2018. – № 8 (1). – С. 137-143.
3. Applying the potentiating procedure for optimal management of power consumption of technocenose / Gnatyuk V.I., Polevoy S. A., Kivchun O. R., Lutsenko D. V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 837. Advanced technologies in the fuel and energy complex (Scopus), Moscow, 16-17 мая 2019. – М., 2020. Doi:10.1088/1757-899X/837/1/012001.
4. Авсеенко А.И., С.А. Дорофеев, О.Р. Кивчун Концептуальная модель управления электропотреблением на основе оценки потенциала энергосбережения с учетом динамики факторов, влияющих на электропотребление // Труды Военнокосмической академии имени А.Ф. Можайского. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2017. – Вып. 659. – С.98–104.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2 изд. М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. 1104 с.
6. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. –М.: Финансы и статистика, 2002. –344 с.: ил.
7. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. –М.: Мир, 1992. –184 с.
8. Principles of training multi-layer neural network using backpropagation // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://home.agh.edu.pl/~vlsi/AI/backp_t_en/backprop.html (дата обращения 13.08.2020).

DEFINING INDICATORS THAT AFFECT TO CALCULATE THE ENERGY SAVING POTENTIAL ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

¹Dorofeev Sergey Alekseevich, candidate of technical Sciences, associate Professor, research associate

¹Kovalevsky Rodion Igorevich, research associate

²Merkulov Alexander Alekseevich, Director of KSTU Technopark

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",

Kaliningrad, Russia, e-mail: dorofeev1973@mail.ru; e-mail: rodik_net9@mail.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: alexandr.merkulov@klgtu.ru

The article considers the use of an artificial neural network in determining the efficiency indicators of implementing management decisions and the quality of the main equipment of technocenosis objects for planning organizational and technological solutions, the implementation of which will allow achieving the energy saving potential calculated in the framework of the expansion procedure.

УДК 621.311; 658.512:005

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСХОДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АРКТИКИ РОССИИ

¹Иващенко Александр Александрович, канд. техн. наук, сотрудник

²Голубков Александр Васильевич, ведущий сотрудник технопарка

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: alexandr_ivashchenko@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: alexgolub-90@mail.ru

В статье описываются масштабные современные организационно-технические системы, строящиеся ресурсодобывающими компаниями в западном секторе Арктики. Предлагается применение методики МС-прогнозирования расхода энергии энергетических ресурсов данных систем.

На сегодняшний день ПАО «НОВАТЭК» входит в тройку крупнейших мировых компаний по объему доказанных запасов природного газа. По состоянию на 31 декабря 2019 года доказанные запасы углеводородов Компании составили 16 265 млн баррелей нефтяного эквивалента (бнэ), в том числе 2 234 млрд куб. м газа и 193 млн т жидких углеводородов. По сравнению с концом 2018 года запасы углеводородов увеличились на 3% (исключая добычу 2019 года), а коэффициент восполнения составил 181%, что соответствует приросту запасов 1 065 млн бнэ, включая добычу. Органический коэффициент восполнения запасов без учета эффекта от приобретения и выбытия активов, относившегося в основном к выбытию 40%-ной доли участия в проекте «Арктик СПГ 2», составил 252%, что соответствует приросту запасов 1 487 млн бнэ, включая добычу[1].

На динамику запасов в 2019 году повлияли успешные результаты геологоразведочных работ на Геофизическом, Утреннем и Харбейском месторождениях, эксплуатационное бурение на Уренгойском, Восточно-Уренгойском+Северо-Есетинском, Восточно-Тазовском, Северо-Русском и Южно-Тамбейском месторождениях, а также открытие Няхартинского месторождения и новых

ачимовских залежей на Гыданском полуострове. Кроме того, в оценку включены запасы Солетско-Ханавейского месторождения, приобретенного в 2019 году и запасы нового Северо-Обского месторождения, открытого в 2018 году.

Компания значительно увеличила объем геологоразведочных работ в 2019 году и приобрела новые лицензионные участки на полуострове Гыдан. Включение в запасы по международным стандартам крупных геологических открытий будет способствовать успешной реализации будущих крупных СПГ-проектов «НОВАТЭЖа» в Арктике и поддержанию уровня добычи трубного газа.

Доказанные и вероятные запасы углеводородов составили 28 725 млн бнэ, в том числе 3 901 млрд куб. м газа и 373 млн т жидких углеводородов (Рис.1).

Основным реализуемым проектом в настоящее время является «Ямал СПГ», главной ресурсной базой для которого является Южно-Тамбейское месторождение, которое находится на северо-востоке полуострова Ямал на берегу Обской губы. Доказанные и вероятные запасы месторождения оцениваются в 926 млрд куб. м газа и 30 млн т жидких углеводородов. Проектный уровень добычи составляет около 27 млрд куб. м газа в год. Общий разведанный объем запасов месторождения предполагает добычу до 2050 года [1].

Проект освоения месторождения предполагает бурение 208 наклонно-направленных эксплуатационных скважин с горизонтальным окончанием (с длиной горизонтального участка не менее 500 м) с 19 кустовых площадок [1].

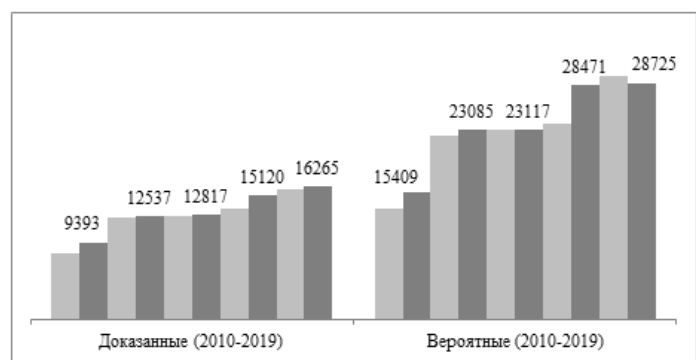


Рис.1. Суммарные запасы углеводородов с 2010 по 2019 годы, млн бнэ

В целях реализации проекта были разработаны и изготовлены буровые установки «Арктика». Установки предназначены для работы в сложных природно-климатических условиях западного сектора Арктики, они полностью защищены от ветров, что обеспечивает комфортные условия труда для сотрудников, осуществляющих их эксплуатацию, а так же непрерывность бурения, независимо от погодных условий.

Для повышения уровня эффективности разработки месторождения применяются инновационные и экологически-безопасные технологии, оборудование и материалы. Бурение скважин осуществляется с использованием буровых растворов на углеводородной (масляной) основе, что позволяет сохранить естественные фильтрационно-емкостные свойства продуктивного пласта. Завод СПГ мощностью 17,4 млн. тонн в год строится непосредственно на Южно-Тамбейском месторождении на берегу Обской губы [1].

В строительстве используется модульный принцип монтажа, что значительно сокращает затраты на строительство в условиях Арктики и оптимизирует график и время реализации проекта. Производственный комплекс на сегодняшний день включает три введенные в эксплуатацию технологические линии сжижения газа, первая из которых запущена в декабре 2017 года. Ориентировочное завершение строительства четвертой очереди 2021 год.

Углеводородная смесь со скважин поступает на единый интегрированный комплекс подготовки и сжижения природного газа. На входных сооружениях комплекса происходит сепарация, то есть отделение от газа механических примесей, воды, метанола и конденсата [1].

Отсепарированный газ поступает на технологические линии сжижения и последовательно проходит очистку от кислых газов и следов метанола, осушку и удаление ртути, извлечение сжиженных углеводородных газов. Далее очищенный газ поступает на предварительное охлаждение и сжижение. Для предварительного охлаждения газа используется пропановый холодильный кон-

тур, для сжижения – контур со смесевым хладагентом. Готовый СПГ подается на хранение в криогенные резервуары (рис.2).

Интегрированный комплекс включает в себя также установки фракционирования сжиженных углеводородных газов, парки хранения стабильного конденсата и хладагентов, электростанцию мощностью 376 МВт, общезаводские инженерные системы и факельные установки.

Для проекта «Ямал СПГ» спроектированы и построены специальные танкеры усиленного ледового класса «Arc7», позволяющие осуществлять круглогодичную навигацию без ледокольной проводки в западном направлении, и в течение арктического лета - в восточном направлении по Северному морскому пути.

В разработке арктического танкера для транспортировки сырья принимали участие российские и зарубежные специалисты-кораблестроители, ведущие проектные и конструкторские институты, судоверфи и компании-судовладельцы [1].

Танкер обладает системой двойного действия - носовая часть приспособлена для навигации в открытой воде и в условиях тонкого льда, а кормовая оптимизирована для самостоятельной навигации в сложных ледовых условиях [1].



Рис.2. Криогенные резервуары «Ямал СПГ», стилизованные под банки со сгущенным молоком

В федеральной собственности (заказчик строительства ФГУП «Росморпорт») находятся огражденные ледозащитные сооружения, операционная акватория, подходные каналы, системы управления движения судов и навигационного обеспечения, здания морских служб. К объектам «Ямал СПГ» относятся технологические причалы по перевалке сжиженного природного газа и газового конденсата, причалы накатных грузов, причалы строительных грузов, причалы портофлота, складские помещения, административно-хозяйственная зона, инженерные сети и коммуникации [1].

Строительство порта велось в два этапа - подготовительный и основной. Подготовительный этап - строительство грузового порта для приемки строительных грузов и технологических модулей завода СПГ. Вторая очередь порта - строительство технологических причалов для отгрузки СПГ и газового конденсата [1].

Для целей Проекта «Ямал СПГ» на территории лицензионного участка построен *международный аэропорт*. Аэропортовый комплекс включает в себя аэродром I категории ИКАО, взлетно-посадочную полосу 2704 м x 46 м, ангары для авиатехники, служебно-пассажирское здание, в том числе международный сектор. Оператором аэропорта является 100% дочернее предприятие ОАО «Ямал СПГ» - ООО «Международный аэропорт Сабетта». Первый технический рейс с посадкой самолета был выполнен 4 декабря 2014 года, на данный момент действуют регулярные рейсы из Нового Уренгоя, Москвы и Самары [1]. В аэропорту функционирует самое северное в мире отделение «Сбербанка».

Поселок Сабетта, расположенный на восточном берегу полуострова Ямал, является опорным пунктом проекта «Ямал СПГ», крупнейшей ОТС в Арктике. Кроме того, это колоссальный припортовый энергетический комплекс, одновременно являющийся как производителем, так и крупным потребителем энергетических ресурсов. В поселке создана вся необходимая инфраструктура для проживания строителей. Возводятся вспомогательные объекты комплекса жизнеобеспечения: склад хранения ГСМ, котельная, энергоцентр, столовые, медпункты, прачечная, бани, спорткомплекс, административно-бытовой комплекс, гостиница, пожарное депо, канализационные и водоочистные сооружения, теплая стоянка для автомобилей, склады хранения продовольствия.

В июле 2012 года был дан старт строительству завода «Ямал СПГ» на базе Южно-Тамбейского месторождения и морского порта Сабетта. Всего через пять лет, 8 декабря 2017 года, в присутствии президента России Владимира Путина состоялась загрузка сжиженным газом первого танкера-газовоза «Кристоф де Маржери» с первой технологической линии мощностью 5,5 миллиона тонн в год. Всего же после ввода в строй всех четырех линий предприятие будет производить 17,4 миллиона тонн СПГ в год [2].

Для реализации задачи, обозначенной главой государства, а Владимир Путин предложил увеличивать число таких перспективных проектов и поставил задачу занять на рынке СПГ достойную нишу, компания «НОВАТЭК» приступила к реализации своего второго СПГ-проекта - «Арктик СПГ-2» [2].

Интерес к данному проекту проявляют и Саудовская Аравия, и Франция, и Корея, и Испания. Более того, в рамках Петербургского международного экономического форума в присутствии президента России Владимира Путина и президента Франции Эммануэля Макрона председатель правления «НОВАТЭК» Леонид Михельсон и исполнительный директор «Тоталь» Патрик Пуянне подписали соглашение об условиях вхождения в проект «Арктик СПГ-2» [2].

Опять же в присутствии президента России Владимира Путина и президента Южной Кореи Мун Чжэ Ина был подписан документ о сотрудничестве «НОВАТЭК» и KOGAS в рамках реализации проекта «Арктик СПГ-2» и создании на Камчатке перевалочного комплекса СПГ. Готовы к участию в проекте и китайцы, и испанцы [2].

«Арктик СПГ 2» – очередной проект «НОВАТЭКа», связанный с производством сжиженного природного газа. Проект предусматривает строительство трех технологических линий по производству сжиженного природного газа мощностью 6,6 млн т в год каждая и стабильного газового конденсата до 1,6 млн т в год. Общая мощность трех линий составит 19,8 млн т СПГ в год. Проект основан на инновационной концепции строительства с использованием оснований гравитационного типа (ОГТ) [2].

Ресурсной базой проекта «Арктик СПГ 2» является Утреннее месторождение, расположенное на полуострове Гыдан в Ямало-Ненецком автономном округе, примерно в 70 км от проекта «Ямал СПГ» через Обскую губу (Рис.3) [2].

В 2018 году были завершены основные технические решения и проектная документация, начато выполнение инженерной подготовки территории, строительство первоочередных объектов энергообеспечения и бурение эксплуатационных скважин, строительство причальной набережной [2].

Участники «Арктик СПГ 2» приняли окончательное инвестиционное решение по проекту в сентябре 2019 года. Капитальные вложения для запуска проекта на полную мощность оцениваются в эквиваленте \$21,3 млрд.

Применение технологической концепции строительства на ОГТ, а также обширная локализация производства оборудования и материалов в России позволят существенно снизить капитальные затраты на тонну производимого СПГ в рамках данного проекта. Это обеспечит низкую себестоимость производимой продукции и максимальную конкурентоспособность на всех рынках СПГ.



Рис. 3. Проект «Арктик СПГ 2»

Для обеспечения изготовления ОГТ, сборки и установки модулей верхних строений недалеко от Мурманска вблизи п. Белокаменка строится *Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений* (ЦСКМС, бывшая Кольская верфь, рис. 4). Центр будет включать два сухих дока для строительства ОГТ и мощности для изготовления модулей верхних строений. Он создает современную техническую базу СПГ-технологий в России, новые рабочие места в области инженерных разработок и производства, а также внесет вклад в экономическое развитие региона [3,6].

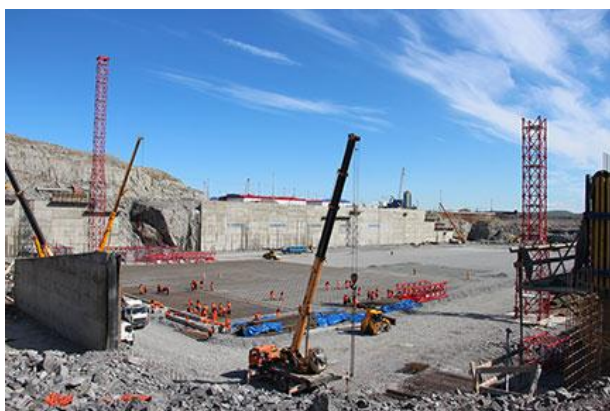


Рис.4. Строительство Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений, и планируемое размещение оснований гравитационного типа

Верфь будет вести строительство и оснащение плавучих железобетонных конструкций для создания ОГТ, то есть транспортируемых к месту базирования на плаву и погружения на дно за счёт собственного веса. Назначение платформ - заводы по сжижению и перегрузке природного газа. Модули самого завода сжижения газа также планируется изготавливать на верфи [3,6].

Верфь имеет 2 сухих дока, ее территория более 150 га. Размеры двух сухих доков: длина 400, ширина 175 и высота стенок 20 метров. Это будут самые огромные сухие доки в России. И строящийся док ССК «Звезда», и имеющийся док завода Залив имеют гораздо меньшие размеры. Размеры платформ: длина 324 метра, ширина 153 метра, высота 30 метров. Общая масса платформы с оборудованием СПГ составит 600 тыс. тонн, объем резервуаров СПГ 230 тыс. м³, объем резервуаров газоконденсата 75 тыс. м³ [4,6].

Завод имеет причальный фронт протяженностью 1290 метров, который включает шесть причалов, в том числе достроечную набережную длиной 384 м, которая предназначена для достроечных и пусконаладочных работ. С учетом достроечной набережной мощности ЦСКМС позволят одновременно изготавливать три платформы для сжижения природного газа [4,6].

15 июня 2017 года подписано распоряжение Правительства Российской Федерации о сооружении 4-х искусственных островов в Кольском заливе для нужд ЦСКМС [5].

В июле 2017 года начинается строительство, идет интенсивный подвоз техники и оборудования. В июле 2019 года стало известно, что начало работы первой очереди завода (заливки первой железобетонной платформы) запланировано на третий квартал 2019 года. До конца года заработают и цеха по монтажу оборудования завода СПГ, который будет смонтирован на платформе. Второй сухой док планируется ввести в эксплуатацию в 2020 году. Весной 2019 года «НОВАТЭК» предложил «РОСАТОМУ» ускорить строительство атомного ледокольного флота путем строительства ледоколов на новой верфи [6]. Несмотря на вспышку пандемии «COVID-19», в результате которой на стройке ЦСКМС заболели около 2500 человек, сроки сдачи объекта остались неизменными, что говорит о высокой важности проекта, в том числе, на мировом уровне.

Строительство заводов на ОГТ является более рентабельным, нежели стандартный способ конструирования. Это дешевле ввиду доступности материалов, необходимых для изготовления. Время транспортировки в любой регион и установки на дно невелико [2].

Что касается ОГТ, которые будут собираться на ЦСКМС, то на них разместится сложнейшее технологическое оборудование, состоящее из 14 модулей общим весом 140 тысяч тонн [2].

Особых слов заслуживает гигантский комплекс изготовления модулей верхних строений. При длине 350 метров, ширине 280 метров он будет иметь высоту 88 метров. В цеху будет 10 кра-

нов грузоподъемностью в 300 тонн каждый. Рядом со сборочным цехом будут располагаться цеха техобслуживания, изготовления металлоконструкций, комплекс окраски [2].

Будет возведено 4 причала длиной до 250 метров. Технология сооружения причалов довольно сложная. Ведь на них придется выгружать грузы весом до нескольких тысяч тонн. Поэтому и требования к ним соответствующие. Вначале в дно на глубину 17-20 метров забиваются вибропогружателем с усилием 1400 тонн сваи анкерной стенки. Затем с баржи засыпается щебень, а это десятки тысяч тонн, и на удалении в пару десятков метров забиваются сваи лицевой стенки, правда, здесь сваи уходят на глубину уже 40 метров. Потом все это будет бетонироваться. Сроки сдачи первых причалов у арматурного и бетонного заводов определены - март-апрель 2019 года [2].

Производственная мощность предприятия по изготовлению модулей верхних строений будет достигать 100 тыс. тонн в год, а по изготовлению ОГТ - 200 тыс. тонн в год. Общая площадь ЦСКМС составит 361,5 тыс. км [2].

Данный проект очень важен для Мурманской области, которая уникальна не только своим географическим положением: выходом через незамерзающий Кольский залив в Атлантический и Северный Ледовитый океаны, но и своими месторождениями полезных ископаемых. Немного найдется областей в России, где столько говорилось бы о реализации крупномасштабных проектов. Наибольшие ожидания жители региона связывают с возведением и работой ЦСКМС. Этот проект компании «НОВАТЭК» действительно принесет огромную пользу региону и России.

Прежде всего будет создано более 10 тысяч рабочих мест. Однако для получения работы в ЦСКМС, необходимо уже сегодня начинать осваивать востребованные специальности. ЦСКМС позволит развивать кадровый потенциал области, увеличить конкурентоспособность предприятий региона в масштабах России. Сюда будут привлечены инвестиции, которые станут мощным импульсом для развития высокотехнологичных производств страны.

В логистических схемах работы ЦСКМС уже активно задействованы судоходные компании, доставлявшие строительную технику из Сабетты и Архангельска, а также Мурманский морской торговый порт и железная дорога. И масштабы их загрузки будут только возрастать. Безусловно, востребован и научный потенциал Мурманской области. Кроме того, ЦСКМС обеспечит колоссальные дополнительные налоговые поступления в бюджеты всех уровней.

Впервые за постсоветский период в Мурманской области реализуется столь масштабный проект, имеющий огромное значение не только для Северо-Западного региона, но и для всей России.

Наконец, еще один крупномасштабный проект, связанный с «Арктик СПГ-2», будет реализован в Мурманской области и, в частности, в районе бухты Ура, где будет построен перевалочный комплекс СПГ мощностью до 20 миллионов тонн. Главный фактор - это постоянная доступность бухты в течение всего года, а также минимизация расходов бюджетных средств на создание портовой инфраструктуры.

Планируется установить здесь два судна - хранилища СПГ. Аналогичный перевалочный комплекс должен появиться на Камчатке.

Строительство перегрузочного комплекса в Ура-губе позволит повысить эффективность доставки газа в Европу с действующего завода «Ямал СПГ» и с планируемого «Арктик СПГ-2».

В этот перегрузочный комплекс танкеры-газовозы усиленного ледового класса будут выгружать СПГ, а отсюда он будет вывозиться потребителям обычными танкерами-газовозами.

Еще одним важным шагом, затрагивающим судьбу Мурманской области, стало подписание председателем правления ПАО «НОВАТЭК» Леонидом Михельсоном и генеральным директором корпорации «Росатом» Алексеем Лихачевым соглашения в рамках Восточного экономического форума во Владивостоке о намерениях в отношении создания совместного предприятия по строительству и эксплуатации флота ледоколов на СПГ для обеспечения ледокольной проводкой судов арктических СПГ-проектов «НОВАТЭК». Как известно, местом базирования ледокольного флота является Мурманск, а значит, с появлением дополнительных ледоколов появится работа не только у моряков, но и у судоремонтников, а также обслуживающих компаний.

Реализация проектов «НОВАТЭК», а так же деятельность крупных промышленных предприятий привела к тому, что потребление электроэнергии в Мурманской области превысило в 2019 году более девяти миллиардов кВт*ч, при этом наблюдается положительная динамика роста [7].

Потребление электроэнергии в энергосистеме Мурманской области в сентябре 2019 года составило 962,8 миллионов кВт*ч, что на 3,3 % больше объема потребления за аналогичный месяц

2018 года. Такие данные приводит Региональное диспетчерское управление энергосистемы. Выдача электроэнергии по межсистемным линиям электропередачи за девять месяцев 2019 года составила 2,69 миллиарда кВт*ч, в том числе по межгосударственным линиям передано 277,5 миллионов кВт*ч [7].

29.01.2020 губернатор Мурманской области Андрей Чибис и председатель правления ПАО «НОВАТЭК» Леонид Михельсон запустили линию электропередач класса напряжения 150 кВ для электроснабжения ЦСКМС [8].

Новая ЛЭП протяженностью более 55 км построена с учетом климатических особенностей Заполярья. При её строительстве впервые в северо-западе России применен уникальный термостойкий кабель отечественного производства с повышенной на 60% пропускной способностью, антигололедной поверхностью и абсолютной устойчивостью к ветровым нагрузкам, характерным для районов Крайнего Севера. Это обеспечит максимальную надежность электроснабжения стратегически важного потребителя [8].

Таким образом, ПАО «НОВАТЭК» своими проектами вдохнул свежую струю в экономическое развитие Мурманской области и Ямало-Ненецкого автономного округа. Реализация данных проектов в западном секторе Арктики существенно влияет на динамику потребления энергетических ресурсов, анализ расходования которых показывает масштабные трансформации, прогнозирование которых возможно осуществлять методологией с учетом техноценологического подхода.

Как известно, под эффективностью вообще понимается свойство неживой, биологической или технической системы функционировать с оптимальным соотношением интегральных показателей, характеризующих положительный эффект и затраты. Подобное определение дано в [9] как соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

В эффективном МС-объекте [10] реализуется принцип получения максимального положительного эффекта от функционирования при минимальных затратах на обеспечение данного процесса («минимакс») [11].

Эффективное расходование ресурсов – преобразование энергии с экономически оправданной эффективностью использования энергоресурсов, обусловленной существующим уровнем развития техники, а также необходимостью соблюдения требований к охране окружающей природной среды. Оценка эффективности расходования энергоресурсов и функционирования МС-объектов может быть оценена по результатам сопоставления двух интегральных показателей, один из которых характеризует положительный эффект, а второй – затраты [10].

Положительный эффект от применения методологии прогнозирования в оценке эффективности расходования энергетических ресурсов организационно-технической системы, под которой понимается множество материальных объектов (технических средств и сотрудников, обеспечивающих их эксплуатацию), предназначенных для непосредственного выполнения операции (упорядоченной совокупности протекающих во времени взаимосвязанных действий, направленных на достижение поставленной цели в соответствии с назначением объекта) оценивается интегральным показателем, определяемым по формуле [10,12]:

$$\begin{cases} IP_W^{MDC} = (\int_0^{\infty} W(x) dx - \int_0^{\infty} W^{MDC}(x) dx) / \int_0^{\infty} W(x) dx; \\ IP_W^t = \int_0^{\infty} W(x) dx - \int_0^{\infty} W^t(x) dx / \int_0^{\infty} W(x) dx, \end{cases} \quad (1)$$

где IP_W^{MDC} – целевой интегральный показатель, определяемый на основе методики МС-прогнозирования и процедуры DC-анализа [10]; IP_W^t – текущий интегральный показатель качества, определяемый на t-ом временном интервале; $W(x)$ – аппроксимационная кривая, полученная для эмпирических значений энергопотреблению (ЭП) объектов на начальном этапе внедрения методики; $W^{MDC}(x)$ – нижняя граница переменного доверительного интервала, получаемого по итогам методики МС-прогнозирования и уточняющей процедуры DC-анализа; $W^t(x)$ – аппроксимационная кривая, получаемая для модельных значений ЭП объектов на t-ом временном интервале по результатам стандартных процедур [10,12].

Результирующий интегральный показатель, отражающий степень близости полученной в результате моделирования текущей аппроксимационной кривой рангового параметрического распределения по ЭП к нижней границе переменного доверительного интервала (ПДИ) (ограничивающей результаты, полученные по результатам методики МС-прогнозирования и уточняющей процедуры ДС-анализа), определяется как отношение интегрального показателя качества, рассчитанного для текущего момента времени, к показателю, соответствующему нижней границе [11,12]:

$$IP_W = \frac{IP_W^t}{IP_W^{MDC}} = \frac{\int_0^\infty W(x)dx \int_0^\infty W^t(x)dx}{\int_0^\infty W(x)dx \int_0^\infty W^{MDC}(x)dx} \quad (2)$$

Расходы на применение методологии прогнозирования в оценке эффективности расходования энергетических ресурсов ОТС также оцениваются интегральным показателем, который показывает уровень общих расходов, затраченных на сбережение энергетических ресурсов, рассчитанных в результате моделирования на текущем временном интервале, от стоимости энергетических ресурсов [12].

В условиях индивидуальных тарифов на энергетические ресурсы, предъявляемых МС-объектам на отдельных этапах реализации методологии, определение данного показателя проводится по следующей формуле [12]:

$$IP_C = 1 + \frac{\int_0^\infty C^t(x)dx}{\int_0^\infty W(x) \cdot sc(x)dx - \int_0^\infty W^{MDC}(x) \cdot sc^*(x)dx}, \quad (3)$$

где $C^t(x)$ – ранговое параметрическое распределение МС-объекта по совокупным затратам на энергосбережение на t -ом временном интервале; $sc(x)$ – ранговое параметрическое распределение тарифа на энергетические ресурсы, предъявляемого МС-объекту на начальном временном интервале, на котором фиксировались эмпирические значения ЭП и строилось ранговое параметрическое распределение $W(x)$; $sc^*(x)$ – ранговое параметрическое распределение тарифа на энергетические ресурсы, предъявляемые МС-объектом [10,12].

Ранговые параметрические распределения по затратам (как правило, измеряемым в денежном выражении), а также по тарифам на энергетические ресурсы строятся для МС-объектов аналогично соответствующим ранговым распределениям по ЭП [12].

Формально показатель IP_W исчисляется в диапазоне $[0,1]$, левая граница которого соответствует стандартных управляющих энергосберегающих процедур (кривая $W^t(x)$ полностью совпадает с исходной кривой $W(x)$, а правая – полному исчерпанию результатов после МС-прогнозирования и ДС-анализа процедур (кривая $W^t(x)$ полностью совпадает с конечной кривой $W^{MDC}(x)$). В свою очередь, интегральный показатель IP_C формально исчисляется в диапазоне $[1, \infty)$. Левая граница показателя соответствует состоянию с нулевыми затратами на выполнение мероприятий по энергосбережению, правая – бесконечным затратам. Очевидно, что при этом интегральный показатель эффективности IP находится в пределах $[0,1]$, приобретая свое критериальное значение (в принципе недостижимое) при строгом выполнении $IP = 1$ [10,13].

Оценка эффективности расходования энергетических ресурсов и функционирования МС-объектов может осуществляться исключительно в границах переменного 95% доверительного интервала [11,13]. Следовательно, оптимум ЭП будет достигаться при таких значениях параметров управляющего воздействия, направленного на энергосбережение, которые формально обеспечат суммарное ЭП МС-объекта, соответствующее нижней границе ПДИ. При этом значение интегрального показателя качества IP_W станет равным единице. Таким образом, в данном случае смысл оптимизации заключается не в традиционном поиске оптимального значения целевой функции в области варьирования параметров, а в определении оптимальной стратегии изменения параметров, которая минимизирует издержки процесса оценки эффективности расходования энергетических ресурсов на пути движения МС-объекта к состоянию, обеспечивающему эффективность расходования энергетических ресурсов на нижней границе ПДИ (рис.5) [10,13].

Подобная задача может быть квалифицирована как шаговая задача динамического программирования с закрепленными левым и правым концами траектории (левый закрепленный конец – по результатам стандартных процедур, правый – нижняя граница доверительного интервала [12] от результатов полученных в результате методики МС-прогнозирования и уточняющей процедуры ДС-анализа на рис.5).

Исследования, проведенные в [10,11] позволяют задать оптимальную стратегию управления ЭП МС-объекта, заключающуюся в следующем. Управляющее воздействие, направленное на снижение ЭП, для каждого объекта на каждом временном интервале должно быть поставлено в линейную зависимость от потенциала энергосбережения объекта[12].

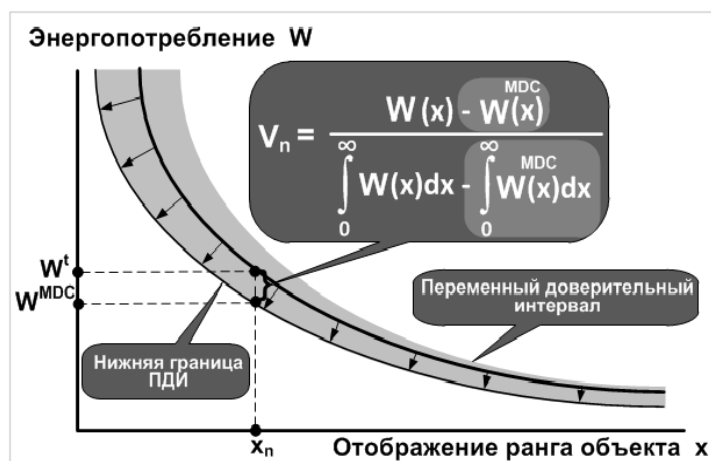


Рисунок 5 – К понятию эффективности расходования энергетических ресурсов МС-объектом (стрелками показано направление оптимизации)

При этом численным показателем потенциала сбережения энергетических ресурсов является относительная разность между эмпирическим значением ЭП на данном временном интервале и значением ЭП на нижней границе ПДИ, соответствующему рангу рассматриваемого объекта. Следовательно, в общем случае оптимальное управляющее воздействие для n -го объекта можно выразить следующим образом [11,12]:

$$W_n^{t+1} = K_n^t \cdot W_n^t, \quad (4)$$

где K_n^t – коэффициент управляющего воздействия для n -го объекта на t -ом временном интервале[12].

Таким образом, с учетом применения процедур мониторинга динамики изменения интегрального показателя качества и воздействия на исследуемый МС-объект путем применения коэффициента управляющего воздействия появляется возможность эффективного управления расходования энергетическими ресурсами и выполнения требований по энергосбережению без потери качества выполняемых задач.

В соответствии с вышеизложенными теоретическими положениями, эффективное снижение расходования энергетических ресурсов представляет собой процедуру анализа ресурсопотребления, заключающуюся в разработке плана и предусматривающую для каждого объекта, входящего в МС-объект на каждом временном интервале индивидуальные управляющие воздействия, направленные на сбережение энергетических ресурсов, которые поставлены в зависимость от значения ЭП на нижней границе ПДИ. Процедура планирования эффективного расходования энергетических ресурсов может иметь различные стратегии, например: 1) получение требуемого снижения расходования энергетических ресурсов к заданному времени; 2) получение МС-объектом необходимого потенциала энергосбережения к заданному времени [10,11].

Для реализации любой из стратегий требуется разработка плана энергосбережения, который предполагает предъявление каждому объекту, входящему в МС-объект на каждом временном интервале индивидуальной нормы снижения ЭП. Методика разработки плана общая для всех простых стратегий и основывается на том, что доля объекта в общем объеме снижения ЭП должна

быть пропорциональна доле его ЭП в общем ЭП МС-объекта до момента реализации мероприятий по энергосбережению (на текущий временной интервал). Следовательно, объем снижения ЭП n-го объекта может быть определен следующим образом (из расчета на один временной интервал)[13]:

$$\Delta W_n^{PL} = \frac{W(x_n) \cdot \Delta W^{PL}}{\int_0^{\infty} W(x) dx}, \quad (6)$$

где $W(x_n)$ – текущее значение ЭП n-го объекта; $W(x)$ – аппроксимационная кривая, полученная для эмпирических значений ЭП объектов на начальном этапе внедрения методики; ΔW^{PL} – величина, на которую в течение каждого временного интервала расчетного промежутка времени должно снижаться суммарное ЭП [10,13].

Полученную системную норму снижения ЭП ΔW^{PL} необходимо распределить между объектами с учетом ТЦ-особенностей МС-объекта. Данная задача решается путем определения для каждого объекта, входящего в МС-объект соответствующего весового коэффициента, устанавливающего для него индивидуальную норму снижения. Весовой коэффициент объекта определяется как отношение абсолютного отклонения ЭП, соответствующее его рангу, от нижней границы ПДИ к величине потенциала энергосбережения. Численно весовой коэффициент для n-го объекта в фиксированный момент времени задается выражением:

$$\begin{cases} v_n = \frac{W(x_n) - W^{MDC}(x_n)}{\int_0^{\infty} W(x) dx - \int_0^{\infty} W^{MDC}(x) dx}; \\ \sum_{n=1}^k v_n = 1, \end{cases} \quad (7)$$

где $W(x)$ – аппроксимационная кривая, полученная по эмпирическим значениям ЭП; $W^{MDC}(x)$ – аппроксимационная кривая, соответствующая нижней границе доверительного интервала; $W(x_n)$ – значение ЭП ранга n-го объекта на кривой, аппроксимирующей эмпирические значения; $W^{MDC}(x_n)$ – значение ЭП ранга n-го объекта на кривой, соответствующей нижней границе доверительного интервала [10,13].

Различие в стратегиях планирования сводится к методике расчета величины, на которую в течение каждого расчетного временного интервала должно снижаться суммарное ЭП МС-объекта. Для первой стратегии – достижение к заданному временному интервалу требуемого уровня снижения ЭП МС-объекта – выражение для расчета выглядит следующим образом[10,13]:

$$\Delta W^{PL} = \frac{K^{PL} \cdot \int_0^{\infty} W(x) dx}{100 \cdot T}, \quad (8)$$

где K^{PL} – плановый коэффициент – задаваемая в процентах норма снижения ЭП МС-объекта; T – время реализации планового коэффициента, задаваемое в количестве временных интервалов, за которые должна быть достигнута заложенная норма[10,13].

Вторая стратегия процедуры планирования состоит в достижении МС-объектом потенциала энергосбережения к заданному временному интервалу. При данной стратегии системная норма снижения ЭП рассчитывается следующим образом [10,13]:

$$\Delta W^{PL} = \frac{\int_0^{\infty} W(x) dx - \int_0^{\infty} W^{MDC}(x) dx}{T}, \quad (9)$$

где $W^{MDC}(x)$ – нижняя граница доверительного интервала, рассчитанная по результатам методики МС-прогнозирования и ДС-анализа; T – время достижения МС-объектом потенциала энергосбережения требуемого уровня [10,13].

Таким образом, в целях эффективного выбора объема управляющих воздействий, направленных на экономию энергетических ресурсов, предлагается применять ТЦ-критерий управления расходом энергетических ресурсов.

Инструментом управления расходом энергетических ресурсов становится критерий эффективности IP , являющейся показателем, отражающим последствия решений по управлению ЭП. По результатам проведенных процедур МС-прогнозирования и ДС-анализа производится определение норм ЭП объектов, которые являются одновременно нижней границей ПДИ. Оценка эффективности расхода энергетических ресурсов заключается в максимальном приближении ЭП объектов к данной границе с учетом технологического процесса связанного с выполнением задач ОТС. Постоянный контроль критерия эффективности позволяет устранить ошибки, возникающие при необоснованном занижении либо завышении норм потребления энергетических ресурсов для объектов.

Максимальное приближение к нормированным значениям, полученным по итогам МС-прогнозирования позволяет эффективно расходовать энергетические ресурсы и как следствие разработать организационно-технические мероприятия на сокращение затрат.

Исходя из всего вышесказанного, предложенную в работах известных учёных, профессоров Б.И. Кудрина и В.И. Гнатюка, а также кандидата технических наук С.А. Цырука [14], методику оптимального управления техноценозом [11], дополненную методикой МС-прогнозирования в оценке эффективности расхода энергетических ресурсов ОТС позволят эффективно управлять затратами крупных инвестиционных проектов таких предприятий как ПАО «НОВАТЭК».

Реализация контроля эффективного расхода энергетических ресурсов на данных по энергопотреблению двух крупных промышленных ОТС расположенных в Калининградской и Мурманской областях, произведена после получения прогноза на основе методики МС-прогнозирования и построения трансформированных ранговых параметрических распределений, в результате анализа которого и произведен расчет критерия эффективности IP на каждый временной прогнозный интервал.

Расчет интегрального показателя эффективности и его графическое представление (рис.6) позволяет сделать вывод, что уже на третий год использования методики МС-прогнозирования в оценке эффективности расхода энергетических ресурсов, вследствие перехода графика IP в зону насыщения, определяемую как начало точки перегиба кривой вследствие снижения прироста критерия эффективности на 5% во временной интервал, а так же отсутствия его дальнейшего роста необходимо переходить от организационно-технических мероприятий по снижению энергопотребления к мероприятиям по модернизации оборудования.

Таким образом, оценка полученных результатов дает основание утверждать, что в результате контроля IP и воздействия на ЭП МС-объекта коэффициентом управляющего воздействия является возможность эффективно расходовать энергетические ресурсы и тем самым выполнять требования по снижению ЭП без потери качества выполнения задач ОТС. Кроме того, мониторинг IP позволяет определить эффективность мер, принимаемых руководством по управлению ЭП объектов, предъявлять требования к нормированию объектов без срыва задач ОТС.

Оценка эффективности расхода энергетических ресурсов заключается в проведении количественной и качественной оценки, неотъемлемой частью которой является сравнение уровня снижения затрат. Экономическая оценка методики МС-прогнозирования расхода энергетических ресурсов произведена с учетом стоимости ЭП на розничном рынке. Результаты прогнозирования, полученные с помощью методик МС-прогнозирования расхода энергетических ресурсов, энтропии разностей рангов, с (без) фиксированной точкой, сравнивались с фактическим экспериментально зафиксированным ЭП крупных промышленных ОТС расположенных в Калининградской и Мурманской областях с зарезервированной проверочной совокупностью в пять лет.

Анализ качественной оценки эффективности расхода энергетических ресурсов, путем мониторинга графиков критерия эффективности показывает, что уже на третий год применения методики МС-прогнозирования расхода энергетических ресурсов необходимо переходить от организационно-технических мероприятий по снижению расхода энергетических ресурсов к мероприятиям по модернизации ОТС.

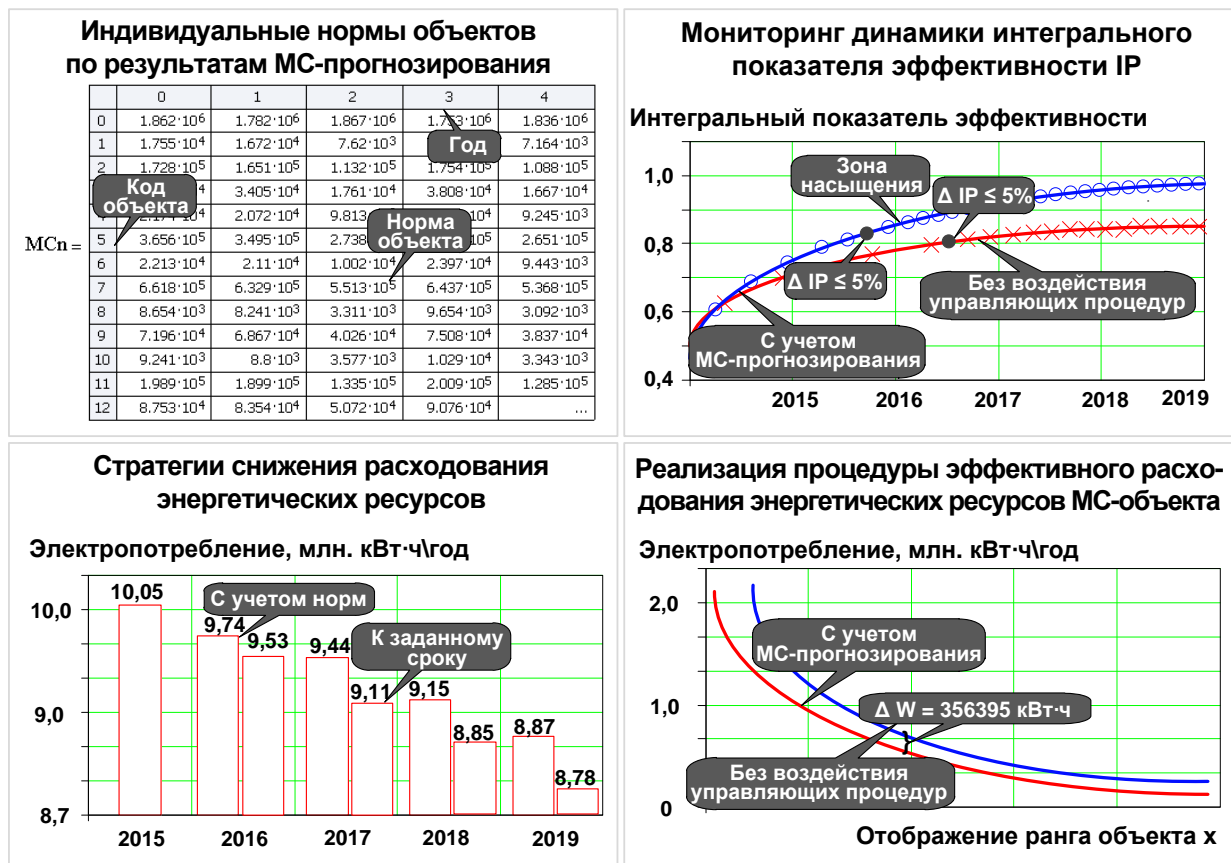


Рис. 6. Оценка эффективности расходования энергетических ресурсов

В результате сравнения установлено, что применение методики МС-прогнозирования расходования энергетических ресурсов обладает существенным преимуществом по сравнению с другими имеющимися. Анализ полученных результатов, позволяет сделать вывод, что с помощью методики МС-прогнозирования расходования энергетических ресурсов появляется возможность эффективно расходовать около 10,5 млн. рублей в год только по одной региональной ОТС, и в целом более 150 млн. рублей за всю инфраструктуру, что дает возможность при целевом своевременном расходовании денежных средств экономить до 30 млн. рублей в год, с учетом показателей инфляции на сегодняшний день.

Таким образом, методика МС-прогнозирования по сравнению с другими ТЦ-методами обладает существенным преимуществом по экономическим показателям, что в нынешних условиях политики жестких финансовых ограничений очень актуально, кроме того появляется возможность учета и планирования модернизации инфраструктуры с учетом мониторинга критерия эффективности ОТС в целях экономии денежных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт ПАО «НОВАТЭК» // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <http://www.novatek.ru/busines/yamal-ing> (дата обращения 01.05.2020).
2. Масштабы и темпы впечатляют // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <https://www.mvestnik.ru/economy/masshtaby-i-tempy-vpechatlyayut>. (дата обращения 31.05.2020).
3. Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений // Электрон. Дан. Режим доступа URL: https://www.korabel.ru/news/comments/centra_stroitelstva_krupnotonnazhnyh_morskih_sooruzheniy_zarabotaet_v_2019_godu.html. (дата обращения 31.05.2020).
4. Журнал «ГИДРОТЕХНИКА», N 2 (51) / 2018, стр. 42.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15 июня 2017 г. № 1245-р
6. Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений // Электрон. Дан. Режим доступа URL: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Центр_строительства.... (дата обращения 28.05.2020).

7. Потребления электроэнергии в Мурманской области превысило 900 миллионов киловатт // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <https://b-port.com> (дата обращения 31.05.2020).
8. Газета Вечерний Мурманск // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <https://vmnews.ru/novosti/2020/01/29/k-stroyke-novateka-v-belokamenke-podveli-lep> (дата обращения 28.05.2020).
9. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества.
10. Иващенко, А. А. МС-прогнозирование в оценке эффективности организационно-технических систем / А. А. Иващенко, В. И. Гнатюк, И. А. Рученин // Фёдоровские чтения – 2017. XLVII Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 16–18 ноября 2017 г.) / под общ. ред. Б. И. Кудрина, Ю. В. Матюниной. – М.: Изд. дом МЭИ, 2017. – С. 86–94.
11. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Электронный ресурс]: Изд-во ТГУ «Центр системных исследований» – М., 2005 – 2019 – Адрес доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
12. Гнатюк В.И., Эффективность управления электропотреблением техноценоза / В. И. Гнатюк, А.А. Топчий, А.В. Тимченко // Инновация в науке, образовании и бизнесе-2014. Труды XII Международной научной конференции. [Электронный ресурс]. – Электрон. сбор. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2014. – С. 265-268. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
13. Гнатюк В.И., Луценко Д.В. Энергетический семинар № 144: «Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса» // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <https://ecfor.ru/publication/energeticheskij-seminar-144/> (дата обращения 09.06.2020).
14. Кудрин Б.И., Цырук С.А. Электроснабжение, инвестиционное проектирование и закрытие проблемы расчёта электрических нагрузок // Электрика. – 2006. – № 4.– С.3-11.

**PROSPECTS OF APPLICATION OF METHODS OF INCREASE
OF EFFICIENCY OF ENERGY RESOURCES CONSUMPTION
ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS
OF THE WESTERN ARCTIC OF RUSSIA**

¹Ivashchenko Alexander Aleksandrovich, candidate of technical sciences, employee

²Golubkov Aleksandr Vasilevich, senior fellow at Technopark

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",
Kaliningrad, Russia, e-mail: alexandr_ivashchenko@mail.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: alexgolub-90@mail.ru

The article describes large-scale modern organizational and technical systems being built by resource companies in the western sector of the Arctic. The application of the methodology of MC-forecasting spending the energy resources of the systems.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

¹Кивчун Олег Романович, канд. техн. наук, доцент Института физико-математических наук и информационных технологий

²Геллер Борис Львович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрооборудования судов и электроэнергетики»

¹ Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
Калининград, Россия, e-mail: oleg_kivchun@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: geller149@yandex.ru

В статье представлен способ мониторинга электропотребления организационно-технической системы на основе векторного рангового анализа. Данный способ позволяет существенно дополнить концепцию модели цифровой платформы энергоэффективности. Основой способа являются алгоритмы поиска ошибок и отклонений стандартных процедур рангового анализа, что позволяет в рамках дальнейших этапов управления процессом электропотребления организационно-технической системы более качественно реализовать процедуры ZP-планирования, а также дифлекс, GZ- и ASR – анализы.

На сегодняшний день во всех отраслях жизнедеятельности человека внедряются цифровые технологии, сервисы и платформы. Некоторые процессы или устройства уже не могут развиваться не применяя цифровые сервисы. В Российской Федерации активно реализуется программа по переходу к «цифровой энергетике». Созданы и реализуются на практике концепции построения и функционирования цифровых энергорайонов, цифровых двойников по электропотреблению [1, 2]. Внедряются новые элементы распределённой генерации [3 – 4] и возобновляемой энергетики. Разработана архитектура интернет энергии [1, 5-8]. Однако дальнейшее развитие цифровой энергетики невозможно без разработки научно обоснованных методов, позволяющих эффективно управлять энергоресурсами, обеспечивать правильный выбор номенклатуры технических изделий, регулировать товарно-договорные отношения между пользователями цифровых энергетических сервисов [1-8]

В [1] профессором В.И. Гнатюком представлена концепция модели цифровой платформы энергоэффективности (ЦПЭ) организационно-технической системы (ОТС). Одним из важнейших элементов модели ЦПЭ является подсистема параметрической адаптации данных по электропотреблению. В её основу заложен алгоритм непрерывной проверки данных по электропотреблению по критерию максимума прогностических возможностей. По сути, данная подсистема формирует исходный вариант цифрового двойника по электропотреблению.

В дальнейшем в рамках модели ЦСЭ реализуется алгоритм управления процессом электропотребления ОТС (рис. 1).

В начале алгоритма после импорта исходных данных цифрового двойника по электропотреблению осуществляется анализ стратегии управления электропотребления. Для повышения качества данной операции предлагается дополнить модель способом мониторинга электропотребления на основе векторного рангового анализа.

Для этого необходимо реализовать стандартные процедуры рангового анализа: интервальное оценивание, прогнозирование и нормирование электропотребления. Затем полученные множества представить в виде векторов в векторном ранговом пространстве (VR).

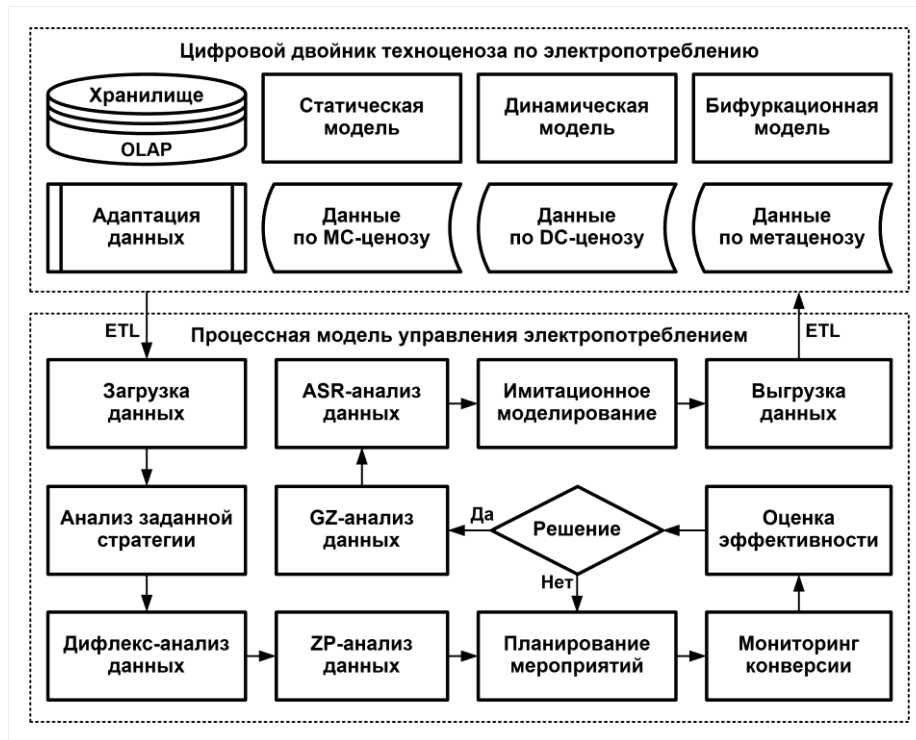


Рис. 1. Алгоритм управления процессом электропотребления организационно-технической системы

Обозначим множество результатов процедуры интервального оценивания как $W_D = \{w_i^D\}_{i=1}^n$, множество прогнозных значений – $W_P = \{w_j^P\}_{j=1}^m$ и норм электропотребления – $W_N = \{w_k^N\}_{k=1}^L$, принадлежащих множеству исходных данных Θ_V .

Для дальнейшей обработки и подготовки к моделированию входных данных в **VR** формируются три вектора: значений дифлекс-анализа, прогнозных значений и норм электропотребления. Аналитические выражения для представления данных векторов образуют систему

$$\begin{cases} w_{\langle i \rangle}^D = \langle w_1^D, w_2^D, \dots, w_i^D \rangle \in W_D; \\ w_{\langle j \rangle}^P = \langle w_1^P, w_2^P, \dots, w_j^P \rangle \in W_P; \\ w_{\langle k \rangle}^N = \langle w_1^N, w_2^N, \dots, w_k^N \rangle \in W_N, \end{cases} \quad (1)$$

где $w_{\langle i \rangle}^D$ – вектор значений дифлекс-параметра;
 $w_{\langle j \rangle}^P$ – вектор прогнозных значений;
 $w_{\langle k \rangle}^N$ – вектор значений норм электропотребления.

На следующем этапе формируется **C**-матрица. На рисунке 2 показано геометрическое представление процедуры формирования **C**-матрицы в векторном ранговом пространстве.

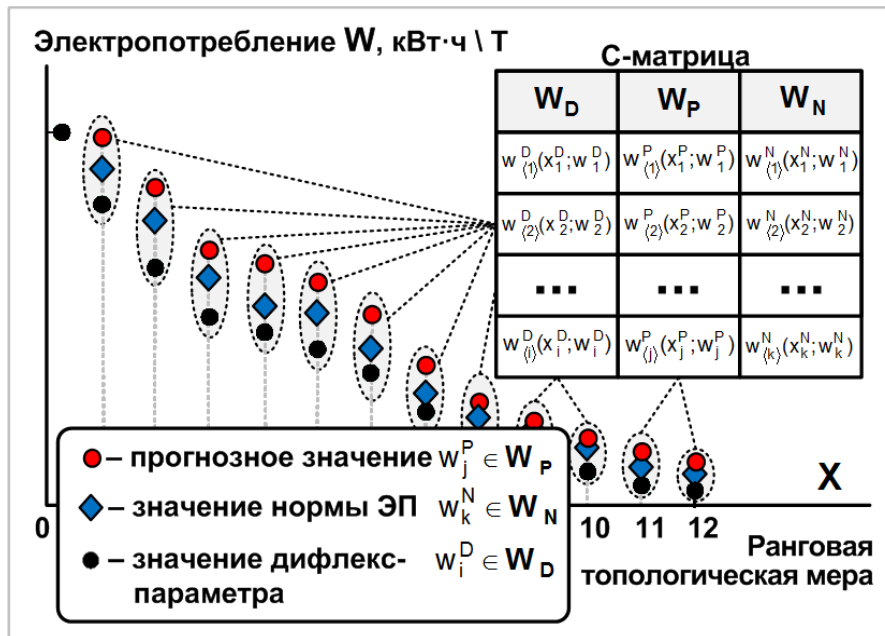


Рис. 2. С-матрица в векторном ранговом пространстве

С-матрица представляет собой прямоугольную матрицу, векторы которой расположены в векторном ранговом пространстве и отражают результаты процедур интервального оценивания, прогнозирования и нормирования электропотребления.

Столбец С-матрицы – это отдельное множество, в котором каждое значение имеет свои координаты. Соответственно, для каждого ранга, который на рисунке 2 представлен величиной X , формируются точки значений результатов процедур рангового анализа.

Таким образом, входные данные для анализа стратегий в виде С-матрицы выражением

$$C_{[n,m]} = \left\| w_{(i)}^D, w_{(j)}^P, w_{(k)}^N \right\|. \quad (2)$$

Для дальнейшей реализации мониторинга осуществляется проверка достоверности и качества данных по электропотреблению с помощью С-индикатора. Под С-индикатором понимается функционал IN_F , включающий в себя систему индикаторных функций, определённых на множестве значений, полученных в результате процедур рангового анализа, которые определяют логику принятия решения. На рисунке 3 представлен алгоритм мониторинга результатов процедур рангового анализа на наличие ошибок и отклонений.

На начальном этапе алгоритма осуществляется формирование исходных данных Θ_v , в частности С-матрицы, информация о которой хранится в базе данных по электропотреблению и постоянно обновляется и верифицируется [9 – 12].

Работа С-индикатора предполагает использование индикаторных функций, которые представлены в виде следующих систем [12]:

$$I_1(w_{(i)}^a) = \begin{cases} 1, \text{if } w_{(i)}^a > 0; \\ 0, \text{if } w_{(i)}^a < 0; \end{cases} \quad I_2(e_{(j)}^P) = \begin{cases} 1, \text{if } e_{(j)}^P > 15; \\ 0, \text{if } e_{(j)}^P < 15; \end{cases} \quad (3)$$

$$I_3(w_{(k)}^N) = \begin{cases} 1, \text{if } w_{(k)}^N > 15; \\ 0, \text{if } w_{(k)}^N < 15, \end{cases}$$

- где
- $I_1(w_{\langle i \rangle}^a)$ – индикаторная функция определения аномальных объектов;
 - $I_2(e_{\langle j \rangle}^P)$ – индикаторная функция определения прогнозных значений;
 - $I_3(w_{\langle k \rangle}^N)$ – индикаторная функция определения норм.

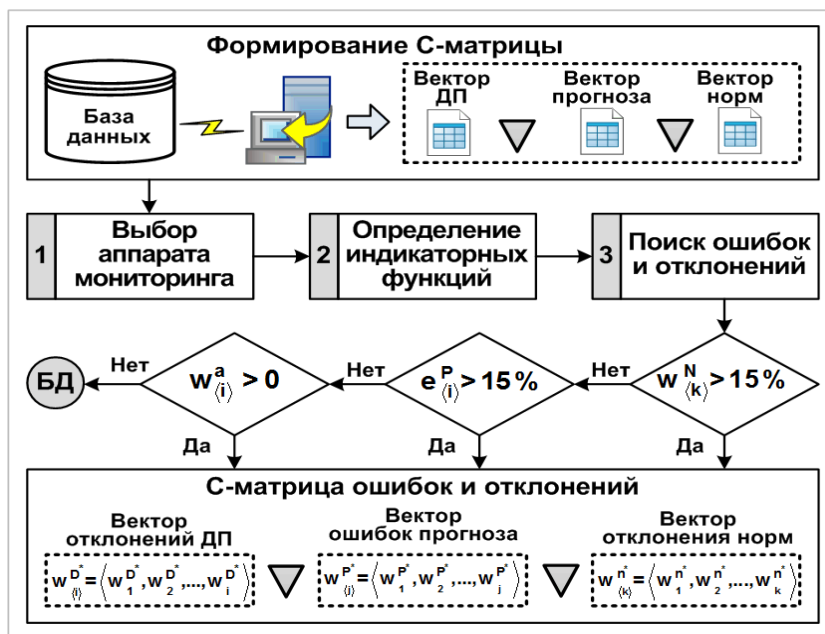


Рис. 3. Алгоритм мониторинга векторов С-матрицы с помощью С-индикатора

В формуле (3) для логического элемента С-индикатора заданы в векторном ранговом пространстве индикаторные функции мониторинга результатов интервального оценивания, прогнозирования и нормирования. Индикаторная функция стандартной процедуры интервального оценивания определяет логику принятия события $w_{\langle i \rangle}^a > 0$ при обнаружении аномальных объектов, соответственно, при $w_{\langle i \rangle}^a < 0$ событие отклоняется. Логика принятия и отклонения событий для процедуры прогнозирования построена на выявлении средних относительных ошибок. При обнаружении средней относительной ошибки больше 15 % событие $e_{\langle j \rangle}^P > 15\%$ принимается, в случае отсутствия таких ошибок событие $e_{\langle j \rangle}^P < 15\%$ отклоняется. Для процедуры нормирования принятие события индикаторной функцией $w_{\langle k \rangle}^N > 15\%$ осуществляется при отклонении нормы объекта от нижней границы ОДЗ больше 15 %, отклонение события $w_{\langle k \rangle}^N < 15\%$ – при отклонении нормы объекта от нижней границы ОДЗ меньше 15 % [9 – 12].

Для процедуры интервального оценивания мониторинг на наличие ошибок и отклонений заключается в определении с помощью индикаторной функции $I_1(w_{\langle i \rangle}^a)$ объектов, аномально потребляющих электроэнергию. Причём параметром, при котором индикаторная функция $I_1(w_{\langle i \rangle}^a)$ фиксирует аномальные объекты, является мера ранговой параметрической близости, которая представляет собой разность двух радиус-векторов: значений вектора дифлекс-параметра

$r_{\langle 4 \rangle}^k \{x_4^k; w_4^k\}$ и значений вектора верхней допустимой границы ОДЗ $r_{\langle 4 \rangle}^v \{x_4^v; w_4^v\}$.

Аналитическое выражение для вычисления меры ранговой параметрической близости $|\rho_4^d|$ для четвёртого ранга имеет следующий вид:

$$|\rho_4^d| = \sqrt{(x_4^k - x_4^v)^2 + (w_4^k - w_4^v)^2}, \quad (4)$$

где $x_4^k; w_4^k$ – координаты радиус-вектора значения электропотребления для четвёртого ранга;
 $x_4^v; w_4^v$ – координаты радиус-вектора значения верхней границы области допустимых значений для четвёртого ранга.

На рисунке 4 показано геометрическое представление в векторном ранговом пространстве процедуры определения аномальных объектов.

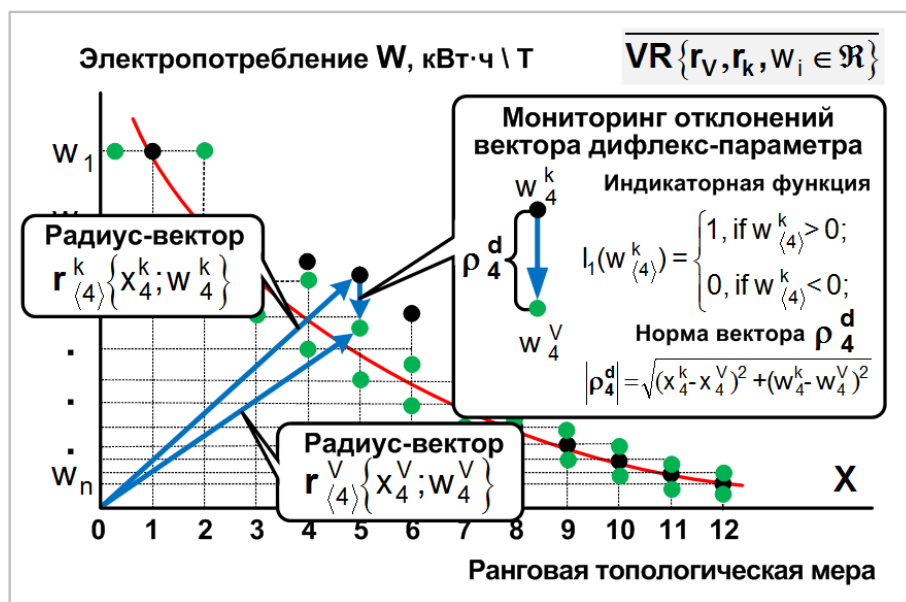


Рис. 4. Определение аномальных значений электропотребления в векторном ранговом пространстве

В данном случае с помощью индикаторной функции зафиксировано отклонение значения электропотребления от верхней границы ОДЗ в четвёртом ранге. При выявлении новых аномальных значений электропотребления в С-индикаторе с помощью индикаторной функции происходит сигнализация и формируется вектор абсолютных дифлекс-параметров, который содержит отклонения от верхней границы ОДЗ [9 – 12].

Параметром индикаторной функции, с помощью которого в С-индикаторе осуществляется сигнализация о точности прогноза, является мера ранговой параметрической близости средней относительной ошибки прогноза. В качестве примера она рассчитывается на основе разности двух радиус-векторов четвёртого ранга: прогнозных значений и значений фактически потреблённой электроэнергии по выражению

$$|\rho_4^p| = \sqrt{(x_4^p - x_4^k)^2 + (w_4^p - w_4^k)^2}, \quad (5)$$

где $x_4^k; w_4^k$ – координаты радиус-вектора электропотребления для четвёртого ранга;
 $x_4^p; w_4^p$ – координаты радиус-вектора прогнозных значений для четвёртого ранга.

Как показано на рисунке 5, погрешность прогнозирования электропотребления на год вперёд может составить от 4 до 15 %.

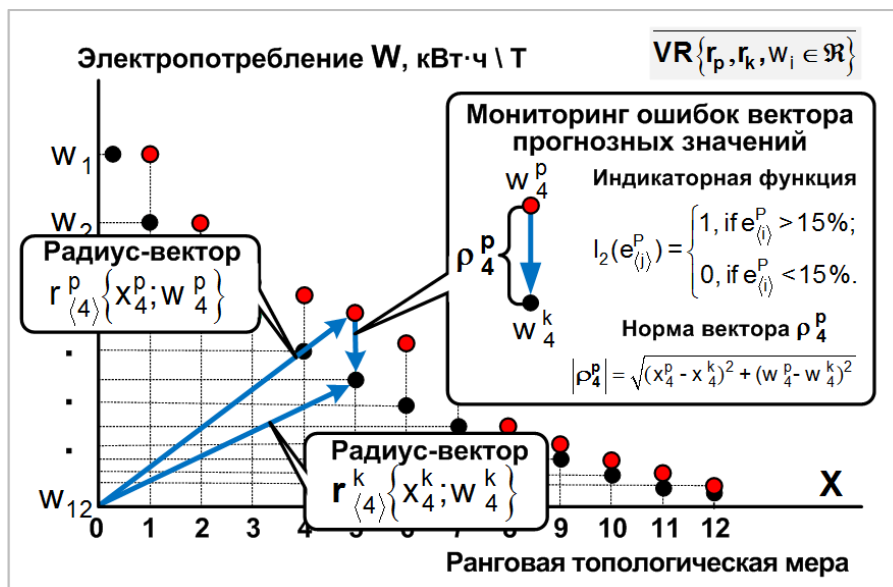


Рис. 5. Мониторинг ошибок прогноза

В случае если она превысит 15 %, происходит оповещение о наличии ошибки. Величина 15 % обоснована руководящими документами и теоретическими исследованиями [2].

Мониторинг значений вектора норм электропотребления заключается в определении с помощью индикаторной функции $I_3(w_{\langle k \rangle}^N)$ значений мер ранговой параметрической близости $|\rho_4^n|$ (показана в качестве примера также для четвёртого ранга), которая рассчитывается как разность двух радиус-векторов: значений норм электропотребления $r_{\langle 4 \rangle}^n \{x_4^n; w_4^n\}$ и нижнего допустимого значения ОДЗ $r_{\langle 4 \rangle}^{Ng} \{x_4^{Ng}; w_4^{Ng}\}$:

$$|\rho_4^n| = \sqrt{(x_4^n - x_4^{Ng})^2 + (w_4^n - w_4^{Ng})^2}, \quad (6)$$

где $x_4^n; w_4^n$ – координаты радиус-вектора значения нормы электропотребления;
 $x_4^{Ng}; w_4^{Ng}$ – координаты радиус-вектора нижнего значения границы области допустимых значений.

Если значение нормы превышает нижнее допустимое значение ОДЗ на 15 %, то в С-индикаторе происходит оповещение об отклонении (рис. 6).

Предел 15 % для средней относительной ошибки и отклонения норм выбран на основе проведённых исследований в работах [9 – 12], в которых доказано, что при превышении данного предела электропотребление объекта считается аномально большим и приводит к нарушению нормального технологического процесса.

Необходимо отметить, что норма должна понуждать объекты к снижению электропотребления, поэтому чем она ниже, тем лучше. Однако, с другой стороны, норма для объектов [9 – 12] не может опускаться ниже величины, соответствующей нижнему допустимому значению ОДЗ.

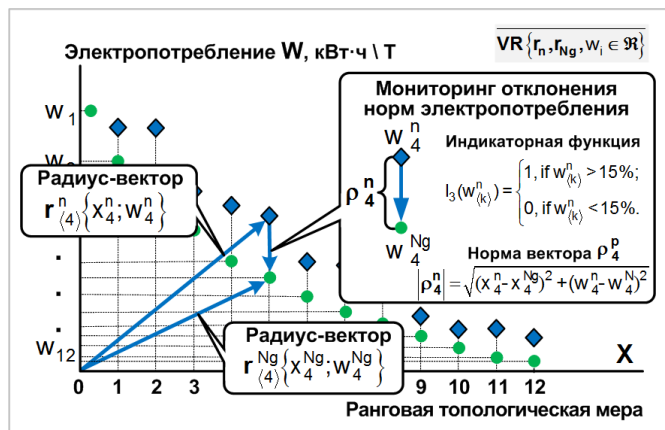


Рис. 6. Мониторинг отклонения норм электропотребления

В результате мониторинга результатов процедур рангового анализа в векторном ранговом пространстве формируется С-матрица, которая содержит векторы с ошибками и отклонениями:

$$C_{[n,m]}^* = \left\| \begin{matrix} w \langle i \rangle^* & w \langle j \rangle^* & w \langle k \rangle^* \end{matrix} \right\|_{i,j,k=1}^{n,m}, \quad (7)$$

где

- $w \langle i \rangle^*$ – вектор значений дифлекс-параметра, содержащий в том числе отклонения от верхнего допустимого значения ОДЗ;
- $w \langle j \rangle^*$ – вектор прогнозных значений, содержащий в том числе значения, имеющие среднюю ошибку прогноза больше 15 %;
- $w \langle k \rangle^*$ – вектор значений норм электропотребления, содержащий в том числе значения, имеющие отклонения норм от нижнего допустимого значения ОДЗ больше 15 %.

Таким образом, при мониторинге электропотребления ОТС на основе векторного рангового анализа осуществляется проверка достоверности и качества данных по электропотреблению с помощью аппарата предпочтений, который представлен в виде С-индикатора. Для принятия решения об ошибках и отклонениях в С-индикаторе предусмотрены индикаторные функции, которые использует ЛПП. По результатам алгоритма мониторинга результатов стандартных процедур формируется С-матрица, которая включает вектор относительных дифлекс-параметров, вектор прогнозных значений и вектор норм, содержащие ошибки и отклонения. Соответственно, анализируя векторы С-матрицы, точнее их ошибки и отклонения, можно в рамках дальнейших этапов управления процессом электропотребления ОТС более качественно реализовать процедуры ZP-планирования [13-15], а также дифлекс, GZ- [1, 9, 11] и ASR [1, 9, 13] – анализы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк В.И. Цифровой двойник техноценоза по электропотреблению // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://gnatukvi.ru/knig.htm> (дата обращения: 08.06.2020).
2. Холкин Д.В., Чаусов И.С. Архитектура Интернета энергии // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/10/White_paper_ArHITEKTURA_Interneta.pdf (дата обращения: 17.08.2020).
3. Автоматика управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной генерацией: монография / П.В. Илюшин, А.Л. Куликов. – Н. Новгород: НИУ РАНХ и ГС, 2019. – 364 с.
4. Особенности расчетов режимов в энергорайонах с распределенной генерацией: монография / Ю.Е. Гуревич, П.В. Илюшин. – Н. Новгород: НИУ РАНХ и ГС, 2018. – 280 с.
5. Gibadullin A.A. Assessment of the level of stability and reliability of the electric power complex // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. № 837 (2020). P. 012007. Doi:10.1088/1757-899X/837/1/012007.

6. Morkovkin D. E., Lopatkin D. S., Shushunova T. N. et al. Formation of the conditions for the development of innovation // Journal of Physics: Confer-ence Series. 2020. № 1515. P. 032002. Doi: 10.1088/1742-6596/1515/3/032002.

7. Morkovkin D. E., Gibadullin A. A., Kolosova E. V. et al. Modern transformation of the produc-tion base in the conditions of Industry 4.0: problems and prospects // Journal of Physics: Confer-ence Se-ries. 2020. № 1515. P. 032014. Doi: 10.1088/1742-6596/1515/3/032014.

8. Gibadullin A. A., Ryabinina E. V., Morkovkin D. E. et al. Engineering solutions in the field of digital transformation of the electric power industry // IOP Conference Series: Materials Science and En-gineering. 2020. № 862. P. 062055.

9. Кивчун О.Р. Векторный ранговый анализ [Трактат] // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://gnatukvi.ru/vran.pdf> (дата обращения: 17.08.2020).

10. Кивчун О.Р. Метод управления электропотреблением объектов регионального электро-технического комплекса на основе синтеза процедур рангового анализа // Известия тульского госу-дарственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 500-513.

11. Кивчун О.Р. Статическая модель управления электропотреблением объектов региональ-ного электротехнического комплекса на основе синтеза процедур рангового анализа // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 552-559.

12. Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Луценко Д.В., Цырук С.А. Реализация стратегии снижения элект-ропотребления объектов припортового электротехнического комплекса на основе векторного рангово-го анализа // Морские интеллектуальные технологии. М.: МОРИНТЕХ. 2019. № 4 (46), т. 4. С. 139 – 145.

13. Potential of Energy Saving as a Tool for Increasing the Stability of Electrical Supply of the Kalinin-grad Region / Gnatyuk V.I., Kretinin G.V., Kivchun O.R., Lutsenko D.V. // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2018. – № 8 (1). – С. 137-143.

14. 3. Applying the potentiating procedure for optimal management of power consumption of technoceno-ise / Gnatyuk V.I., Polevoy S. A., Kivchun O. R., Lutsenko D. V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 837. Advanced technologies in the fuel and energy complex (Scopus), Moscow, 16-17 мая 2019. – М., 2020. Doi:10.1088/1757-899X/837/1/012001.

15. Трехуровневая структура оценки потенциала энергосбережения техноценоза на основе техноценологического подхода / Дорофеев С.А., Дюндик, П.Ю., Меркулов А.А. // материалы IV Международного Балтийский морского форума, г. Калининград, 22-28 мая 2016. – Калининград, 2016. – С. 1602-1608.

MONITORING THE CONSUMPTION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEM MANAGEMENT MODEL DIGITAL PLATFORM ENERGY EFFICIENCY

¹Kivchun Oleg Romanovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Institute of physics and mathematical Sciences and information technology

²Geller Boris Lvovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Ship electrical equipment and electric power industry"

¹Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad, Russia, e-mail: oleg_kivchun@mail.ru
FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: geller149@yandex.ru

The article presents a method for monitoring the power consumption of an organizational and technical system based on vector rank analysis. This method allows us to significantly Supplement the concept of the digital energy efficiency platform model. The method is based on algorithms for searching for errors and deviations in standard ranking analysis procedures, which allows for better implementa-tion of ZP-planning procedures, as well as difflex, GZ – and ASR-analyses within the further stages of managing the process of power consumption in the organizational and technical system.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО РАНГОВОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

¹Луценко Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник

²Гнатюк Виктор Иванович, д-р тех. наук, профессор, профессор кафедры

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: lutsenko@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: mail@gnatukvi.ru

В статье на основе положений комбинаторной теории ранговой динамики рассматривается методика определения рангового распределения, гарантирующего при планировании энерго-сбережения снижение электропотребления на заданную долю с максимальной вероятностью.

На современном этапе в региональном электроэнергетическом комплексе отдельно выделяют региональный электротехнический комплекс (далее – РЭК), представляющий собой ограниченную в пространстве и времени обладающую техноценологическими свойствами совокупность потребителей электрической энергии, функционирующую в единой системе управления и всестороннего обеспечения, реализующую цель оптимального развития [1]. В соответствии с данным определением РЭК является техноценозом [2]. Одним из главных свойств, характеризующих техноценоз, является его негауссовость. Из этого следует, что математическое ожидание и дисперсия, оценённые по выборке, характеризуют только эту выборку, а и их значения существенно зависят от объёма анализируемой выборочной совокупности.

Для учёта негауссовости применяют метод рангового анализа [1], инструментом которого является аппарат ранговых распределений. При этом для решения различных задач в ранговом анализе используются разные распределения. Так при исследовании номенклатуры технических изделий применяются ранговое параметрическое, ранговое видовое и видовое распределения. Исследование процесса функционирования строится на применении рангового параметрического распределения, которое для рассматриваемой системы строится в каждый момент времени.

Ранговое параметрическое распределение есть невозрастающая последовательность значений параметра, поставленная в соответствии рангу [1, 2]. Ранговое параметрическое распределение, характеризующее электропотребление объектов РЭК в определённый момент времени задаётся следующим образом:

$$w(r) = W_1 / r^\beta, \quad (1)$$

где W_1 – первая точка; β – ранговый коэффициент.

Отдельным объектом в РЭК выступает потребитель электроэнергии, отличительной особенностью которого является наличие собственного учёта, а также подсистемы управления, представленной начальником, ответственным за электрохозяйство или другим лицом.

Функционирование РЭК в определённом временном интервале описывается последовательностью ранговых параметрических распределений:

$$W(t) = w_{t_1}(r), w_{t_2}(r), \dots, w_{t_T}(r) = [w_{t_i}(r)]_{i=1}^T, \quad (2)$$

где $w_{t_2}(r)$ – ранговое распределение, характеризующее электропотребление РЭК в момент времени t_2 ; T – количество временных интервалов.

Объекты РЭК, изменяя в процессе функционирования своё электропотребление, меняют также положение, задаваемое рангом. Явление перемещения объектов по рангам подробно рассмотрено в комбинаторной теории ранговой динамики (далее – КТРД) [3]. Базовым понятием в КТРД является взаимно однозначное ранговое отображение:

$$\pi: I \rightarrow R; I, R = \overline{\{1, n\}}, \quad (3)$$

I – множество объектов; R – множество рангов; n – количество объектов.

На основе (3) для любого объекта $\forall i \in I$ можно установить ранг $r = \pi(i)$, а для любого ранга $\forall r \in R$ – размещающийся в нём объект $i = \pi^{-1}(r)$.

Так как ранги и объекты РЭК размечаются с использованием множества $\overline{\{1, n\}}$, а при размещении объектов по рангам не возникает смежных рангов, то ранговое отображение рассматривается как перестановка n -элементного множества.

Ранговому распределению $w(r)$ соответствует ранговое отображение π , так что последовательности $W(t)$ (2) соответствует следующая последовательность ранговых отображений:

$$\pi(t) = \pi_{t_1}, \pi_{t_2}, \dots, \pi_{t_T} = [\pi_{t_i}]_{i=1}^T, \quad (4)$$

где π_{t_2} – ранговое отображение, полученное в момент времени t_2 ; T – количество временных интервалов.

Ранговое отображение π преобразуется в перестановочную матрицу:

$$\Pi = \|\pi_{i,j}\|_{i,j=1}^n; \pi_{i,j} = \begin{cases} 1, & \pi(i)=j; \\ 0, & \pi(i) \neq j, \end{cases} \quad (5)$$

а на основе совокупности перестановочных матриц вычисляется дважды стохастическая матрица следующего вида:

$$P = \|p_{i,j}\|_{i,j=1}^n = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \Pi_{t_i}, \quad (6)$$

где Π_{t_i} – перестановочная матрица, полученная по отображению π_{t_i} , задающего объектам ранги на распределении $w_{t_i}(r)$, которое характеризует электропотребление РЭК в момент времени t_i .

Значение $p_{i,j}$ в матрице P (6) есть вероятность того, что при построении рангового параметрического распределения i -й объект займёт ранг, равный j .

В работах [3, 4] утверждается, что для целостного описания электропотребления РЭК необходимо учитывать параметрическую составляющую, задаваемую последовательностью ранговых распределений $W(t)$ (2), и структурную составляющую, характеризующую ранговую динамику и задаваемую дважды стохастической матрицей P (6).

Пусть электропотребление РЭК описывается:

$$w(r); P = \|p_{i,j}\|_{i,j=1}^n, \quad (7)$$

где $w(r)$ – текущее распределение; P – дважды стохастическая матрица, а также семейством функций распределения электропотребления объектов:

$$F_1(w), F_2(w), \dots, F_n(w). \quad (8)$$

На основе (7) и (8) сформулируем задачу – каким образом установить целевое ранговое параметрическое распределение $\hat{w}(r)$, обеспечивающее заданную долю снижения ΔW , с одной стороны, и максимальную вероятность достижения цели, с другой.

В контексте этой задачи рассмотрим случайное событие, соответствующее выполнению ранговой нормы, равной значению электропотребления в ранге r_j на целевом распределении $\hat{w}(r)$. Оно состоится, когда определённый объект займёт ранг, равный r_j , и его электропотребление ввиду убывающего характера рангового распределения будет принадлежать интервалу $[\hat{w}(r_j + 1), \hat{w}(r_j)]$ (рисунок 1).

Так как ранг r_j могут занимать различные объекты, то полная вероятность анализируемого события вычисляется следующим образом:

$$P_{\Sigma}(\hat{w}(r_j)) = \sum_{i=1}^n [p_{i,r_j} \cdot (F_i(\hat{w}(r_j)) - F_i(\hat{w}(r_j + 1)))] \tag{9}$$

где p_{i,r_j} – вероятность того, что i -й объект займёт ранг r_j , устанавливается матрицей \mathbf{P} (6); $F_i(w)$ – функция распределения ресурсопотребления i -го объекта.

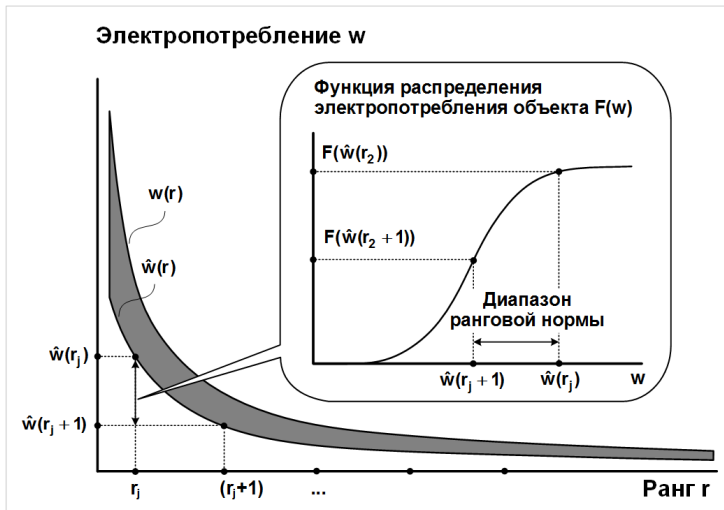


Рис. 1. К вопросу о ранговой норме снижения

Целевая функция нахождения распределения $\hat{w}(r) = \hat{W}_1 / r^{\hat{\beta}}$ для заданных \mathbf{P} (6), семействе функций распределение $F_1(w), \dots, F_n(w)$ (8), а также доли снижения

$$\Delta W = \left(\sum_{r=1}^n w(r) - \sum_{r=1}^n \frac{\hat{W}_1}{r^{\hat{\beta}}} \right) / \sum_{r=1}^n w(r) \tag{10}$$

представляется следующим образом:

$$\delta(\hat{W}_1, \hat{\beta}) = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n P_{\Sigma}(\hat{W}_1 / r^{\hat{\beta}}) \longrightarrow \max. \tag{11}$$

Первую точку \hat{W}_1 целевого распределения $\hat{w}(r)$ можно выразить через ΔW и $\hat{\beta}$:

$$\hat{W}_1(\hat{\beta}) = (1 - \Delta W) \cdot \sum_{r=1}^n w(r) / \sum_{r=1}^n \frac{1}{r^{\hat{\beta}}}, \quad (12)$$

где $w(r)$ – текущее ранговое параметрическое распределение.

Тогда целевая функция (11) преобразовывается к виду:

$$\delta(\hat{\beta}) = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n P_{\Sigma}(\hat{W}_1(\hat{\beta})/r^{\hat{\beta}}) \longrightarrow \max, \quad (13)$$

где $P_{\Sigma}(\hat{W}_1(\hat{\beta})/r^{\hat{\beta}})$ – полная вероятность выполнения r -й ранговой нормы; $\hat{W}_1(\hat{\beta})$ – функция зависимости \hat{W}_1 от $\hat{\beta}$ при заданных доли снижение ΔW (10) и текущем распределении $w(r)$.

На основе целевой функции (13) можно найти такую форму распределения $\hat{w}(r)$, которая обеспечивает максимально возможную вероятность его достижения в рассматриваемом РЭК. Её значения принадлежат интервалу $[0, 1]$, где левая граница соответствует состоянию, когда выполнение ранговых норм является невозможным, а правая – достоверным событием.

Преобразуем целевую функцию (13) к следующему виду:

$$\hat{\beta} = \arg \max_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n P_{\Sigma} \left[\frac{W_1(\beta)}{r^{\beta}} \right]. \quad (14)$$

Исследования значительного количества негауссовых выборок показали, что у большинства из них ранговый коэффициент лежит в пределах от 0,5 до 2,5. Тогда, задавшись необходимой точностью, искомое $\hat{\beta}$ можно определить численным методом, варьируя значения в заданном диапазоне.

Таким образом, для регионального электротехнического комплекса рассмотрена методика нахождения целевого рангового параметрического распределения, обеспечивающего при планировании мероприятий энергосбережения требуемое снижение электропотребления при максимальной вероятности достижения цели. Данную методику можно применять в задаче динамического программирования для организации целенаправленного многошагового процесса по снижению текущего электропотребления РЭК до требуемого значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов: компьютерная версия переработанная и доп. / В.И. Гнатюк. – Москва: Издательство ТГУ – Центр системных исследований, 2005 – 2020. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru>
2. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 1993. – 552 с.
3. Луценко, Д.В. Комбинаторная теория ранговой динамики: трактат / Д.В. Луценко – Калининград: КИЦ «Техноценоз», 2017 – 113 с. Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ktrd.pdf>
4. Луценко, Д.В. Основы применения комбинаторной теории ранговой динамики в исследовании функционирования припортового регионального электротехнического комплекса / Д.В. Луценко // Морские интеллектуальные технологии № 4 (38) Т.2 Труды V Международного балтийского форума. Калининградский государственный технический университет, 2017. – 218 с., С. 122-127

DETERMINATION PROCEDURE TARGET RANK PARAMETRIC DISTRIBUTION IN THE TASK OF REDUCING ELECTRIC CONSUMPTION OF REGION ELECTRO TECHNICAL COMPLEX

¹Lutsenko Dmitry Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, science employee

²Gnatyuk Viktor Ivanovich, doctor of engineering, Professor, Department of electrical equipment of ships and power engineering

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenosis",
Kaliningrad, Russia, e-mail: lutsenko@bk.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: mail@gnatukvi.ru

Based on the provisions of the combinatorial theory of rank dynamics, we consider a method for determining the rank distribution, which guarantees, when planning energy saving, a reduction in power consumption by a given fraction with a maximum probability.

УДК 519.8, 004.62, 004.65

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЦЕНОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕПЦИИ БАЗ ДАННЫХ

¹Олейник Виталий Сергеевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

¹Луценко Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

²Голубков Александр Васильевич, ведущий сотрудник технопарка

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,
Калининград, Россия, e-mail: vitoskenigsberg@mail.ru; lutsenko@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: alexgolub-90@mail.ru

В статье представлен способ математического описания организационно-технической системы с использованием аппарата ранговых распределений. В работе впервые вводятся понятия документальной и параметрической подсистем. Изложена методика выбора наиболее рационального варианта переоснащения видами техники на основе энтропийного критерия. Разработана информационная модель системы с точки зрения решения задачи параметрической оптимизации номенклатуры техники; на языке реляционной алгебры описаны основные запросы, позволяющие автоматизировать расчетные процедуры с использованием средств СУБД.

Концепция и законы эволюционного развития технической реальности нашли свое обоснование в техноценологическом подходе, первые упоминания о котором относятся к 70-ым годам прошлого столетия [1]. Техноценологический подход опирается на модель техноценоза, под которым понимается ограниченная в пространстве и времени совокупность далее неделимых технических изделий, объединенных слабыми связями [1]. То есть техноценоз рассматривается как сообщество изделий, номенклатура которых описывается при помощи следующих понятий: техническое изделие (особь), вид, популяция, параметрический ресурс, ранговое распределение, видовое

распределение. Под видом понимается основная классификационная единица техники, представляющая совокупность технических изделий, изготовленных по одной конструкторско-технологической документации. В ней вид описывается именованными параметрами, с каждым из которых связано определенное значение. В техноценозе вид техники представляет популяция, численность которой называется мощностью. Техническое изделие (особь) характеризуется тем, что принадлежит виду, обладает уникальными особенностями и функционирует в индивидуальном жизненном цикле [1].

Анализ номенклатурного состава технических изделий осуществляется при помощи аппарата ранговых распределений, опирающегося на негауссовую математическую статистику [1]. Объяснение выявленных номенклатурных закономерностей нашло свое отражение в законе оптимального построения техноценозов [1]. На базе уравнений данного закона разработаны и продолжают совершенствоваться следующие прикладные процедуры: параметрическое нормирование, параметрический синтез, параметрический анализ [2]. В параметрическом нормировании и синтезе рассматриваемые виды техники принадлежат одному семейству, имеют одно предназначение, что позволяет без дополнительных вычислений рассматривать их в едином пространстве параметров. Например, номенклатура электрических двигателей имеет общее предназначение: все они преобразуют электрическую энергию в механическую. По значению электрической мощности, записанной в паспорте или формуляре, для данной номенклатуры можно построить параметрическое распределение.

Для многономенклатурных организационно-технических систем (ОТС) характерно разнообразие параметров, так как их номенклатура представлена совокупностью различных семейств технических изделий. Ярким представителем многономенклатурных ОТС являются территориально распределенные системы охраны. Как рассматривать всю совокупность параметров, характеризующих виды техники данной системы? В поисках ответа на поставленный вопрос была выдвинута гипотеза о том, что ранговое видовое и видовое распределения параметров, закрепленных в технической документации видов, по форме повторяют распределения видов по численности.

В рамках предложенной гипотезы вводятся понятия документальной и параметрической подсистем. В технической документации на вид техники с любым параметром можно соотнести название, определяющее его смысл (семантику), и значение. Совокупность семантической информации о параметрах видов техники составляет документальную подсистему, а значений самих параметров – параметрическую.

В рамках научно-технической политики зачастую решается задача определения допустимой численности вида техники в ОТС, обладающего определенными значениями параметров. Подобная постановка номенклатурной задачи ставит вопрос о том, насколько принятые решения оптимальны для рассматриваемой системы. Ответ следует искать в уравнениях закона оптимального построения техноценозов [1]. Для начала выделим наиболее важные с этой точки зрения понятия: видовой ресурс, параметрический ресурс, ресурсная энтропия.

Под видовым ресурсом понимается приходящаяся на рассматриваемую популяцию вида величина параметрического ресурса организационно-технической системы. Численно он рассчитывается как произведение значения параметра вида на количество технических изделий (особей) данного вида. С использованием ранговых форм распределений видовой ресурс k -го вида определяется следующим образом:

$$R_k = \int_{r_{wk}^{(L)}}^{r_{wk}^{(H)}} W(r_w) dr_w \approx x(r_k) \cdot W(r_{wk}), \quad (1)$$

где R_k – величина параметрического ресурса, приходящегося на k -й вид;

$r_{wk}^{(L)}, r_{wk}^{(H)}$ – левая и правая ранговые границы k -го вида на ранговом параметрическом распределении;

$x(r_k)$ – численность k -го вида;

$W(r_{wk})$ – значение параметра k -го вида;

r, r_w – видовой и параметрические ранги;

$k=1, \dots, M$ – формальный индекс;

M – количество видов.

Оптимальным считается такое состояние технотенноза, при котором его параметрический ресурс равномерно распределен между популяциями видов. При этом показатель определения такого состояния рассчитывается на основе ресурсной энтропии по следующему выражению [1]:

$$H_w = -\sum_{k=1}^M \frac{R_k}{R} \cdot \ln\left(\frac{R_k}{R}\right); R = \int_1^N W(r_w) dr_w, \quad (2)$$

где H_w – величина параметрической ресурсной энтропии;

R – параметрический ресурс ОТС;

R_k – параметрический ресурс, приходящийся на k -й вид;

M – количество видов;

N – количество технических изделий (особей);

$W(r_w)$ – ранговое параметрическое распределение.

Применение показателя (2) возможно не только в параметрической подсистеме технотенноза, но и в документальной. Здесь рассматриваются документальные особи, виды и касты. В документальной подсистеме под особью понимается параметр, отраженный в технической документации на отдельный вид. Для последующего разделения определений необходимо ввести понятие документальной особи. Под документальной особью понимается наименование параметра, уникальность которого определена контекстом технической документации на вид. Например, рассмотрим параметр «*время автономной работы*», который определен в технической документации видов A и B . При этом, несмотря на то, что наименование параметра одинаковое, отличия в технической документации видов A и B порождают две документальные особи. По аналогии с техническими изделиями документальные особи объединяются в документальный вид. Под документальным видом понимается совокупность документальных особей, имеющих одинаковое название и обладающих общей семантикой. Под кастой понимается совокупность видов, имеющих одинаковую численность. Также применимо понятие мощности документальной популяции, под которым понимается количество документальных особей определенного документального вида. В многономенклатурных ОТС отличающиеся по назначению виды обладают как уникальными, так и общими параметрами. Документальная подсистема по аналогии с параметрической описывается следующими выражениями:

$$x_d(r_d) = \frac{A}{r_d^{y_d}}; n_d(x_d) = \frac{C}{x_d^{(1+a_d)}}, \quad (3)$$

где $x_d(r_d)$ – ранговое видовое распределение документальной подсистемы;

$r_d = 1, \dots, D$ – документальный ранг;

D – количество документальных видов;

$n_d(x_d)$ – видовое распределение документальной подсистемы;

x_d – непрерывный аналог численности документальных видов (мощность популяции);

A, C, y_d, a_d – константы распределений.

Обобщая понятие видового ресурса на документальную подсистему, рассмотрим понятие кастового документального ресурса (рисунок 1), под которым понимается численность документальных особей, образующих данную документальную касту. Вычисляется он следующим образом:

$$S_j = \int_{r_d^{(L)}}^{r_d^{(H)}} x(r_d) dr_d \approx n(x_{dj}) \cdot x_{dj} = \frac{C \cdot x_{dj}}{x_{dj}^{(1+a_d)}}, \quad (4)$$

где S_j – кастовый документальный ресурс j -й касты;

$x_d(r_d)$ – ранговое видовое распределение документальной подсистемы;

$n_d(x_d)$ – видовое распределение документальной подсистемы;

x_d – численность документального вида;

$r_d^{(L)}, r_d^{(H)}$ – левая и правая граница документальной касты.

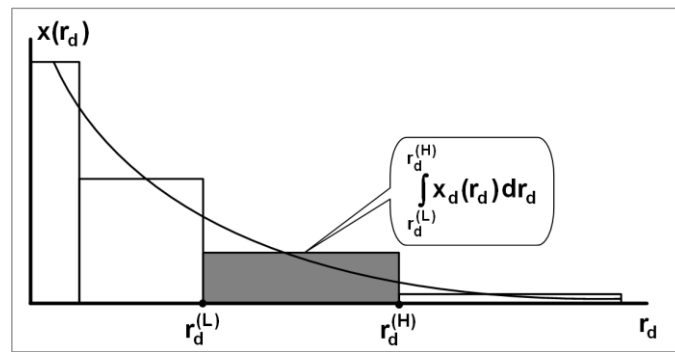


Рис. 1. Кастовый документальный ресурс

Учитывая то, что в многономенклатурной ОТС разные по назначению виды технических изделий обеспечивают единую функциональность для всей системы, возникает вопрос обеспечения своего рода оптимального баланса между уникальными и наиболее общими параметрами, описывающими виды. Как представляется, данное состояние наступает при равномерном распределении рассматриваемого документального ресурса между документальными кастами ОТС. Показатель для определения данного состояния имеет энтропийную форму и вычисляется по выражению:

$$H_d = - \sum_{j=1}^K \frac{S_j}{S} \cdot \ln \left(\frac{S_j}{S} \right); S = \int_1^D x_d(r_d) dr_d, \quad (5)$$

где H_d – величина ресурсной документальной энтропии;

S – документальный ресурс ОТС;

S_j – документальный ресурс, приходящийся на j -ю документальную касту;

K – количество документальных каст;

D – количество документальных видов;

$X_d(r_d)$ – ранговое видовое распределение документальной подсистемы.

Таким образом, можно констатировать, что как параметрическая, так и документальная подсистемы ОТС описываются при помощи аппарата безгранично делимых ранговых распределений. Документальная подсистема, играющая роль метаинформации на ОТС, учитывается в общем алгоритме его оптимизации процедурой параметрического анализа (рисунок 2).

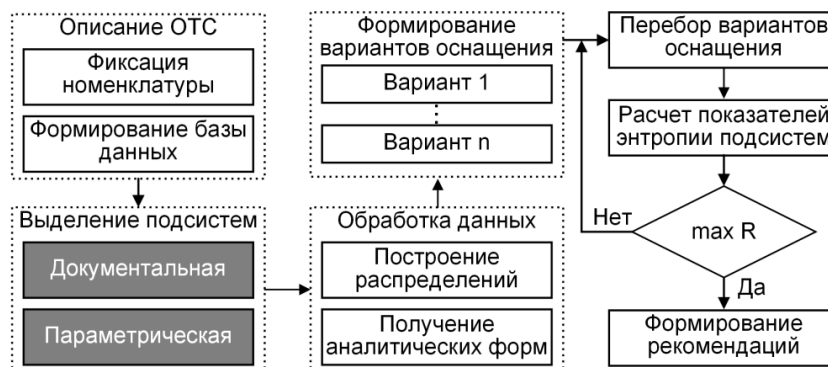


Рис. 2. Схема параметрического анализа

На первоначальном этапе параметрического анализа (рисунок 2) осуществляется фиксация номенклатурного состава, детальный анализ технической документации, формирование базы данных (БД). На основании этого делается возможным отдельно выделить документальную и пара-

метрическую подсистемы. В последующем по запросам из сформированной БД строятся эмпирические ранговые видовые, видовые и параметрические распределения. Аппроксимация эмпирических распределений позволяет получить их аналитические формы и рассчитать значения показателей. Так, при рассмотрении перечня альтернатив видов технических изделий, предназначенных для замены устаревших или встраиваемых вновь, оптимальным для уже функционирующей ОТС будет тот вариант набора видов техники, который среди рассматриваемых альтернатив одновременно обеспечит максимизацию значений ресурсной параметрической H_w и документальной H_d энтропии. Таким образом, стоит задача выбора варианта переоснащения номенклатуры технических изделий, который обеспечит с одной стороны, выполнение поставленных задач, а, с другой, минимальные затраты на всестороннее обеспечение.

В соответствии с критерием совершенствования номенклатуры, вариант переоснащения u , имеющий максимальное значение энтропии по выбранным параметрам, является наиболее рациональным из анализируемых. Выходными данными параметрического анализа номенклатуры является вектор значений ресурсной энтропии для документальной подсистемы и выбранным функционально значимым параметрам технических изделий. По найденным значениям вычисляется расстояние R в многомерном пространстве от начала координат в Евклидовой метрике. Мерность пространства зависит от количества выбранных параметров, по которым осуществляется анализ всей номенклатуры системы. Выражение для определения расстояния имеет вид:

$$R = \sqrt{\mathbf{H} \cdot \mathbf{H}^T}, \quad (6)$$

где \mathbf{H} – вектор значений ресурсной энтропии документальной подсистемы и выбранных параметров параметрической подсистемы.

Максимизация значения R приводит к реализации критерия совершенствования номенклатуры и позволяет выбрать конкретный вариант переоснащения u .

В ОТС функционирует большой ассортимент технических изделий, в некоторых случаях их количество может достигать до 10^5 штук, которые, в свою очередь, являются представителями $10^3 - 10^4$ видов технических изделий. Так что для обработки возрастающих объемов информации предлагается адаптировать методику, представленную на рисунке 2, основываясь на концепции БД, реляционной модели данных и операциях реляционной алгебры.

Центральное место в реляционной модели данных занимает понятие отношения, под которым в строгом математическом смысле понимается подмножество декартова произведения именованных доменов. На практике отношение представляют таблицей специального вида, каждая строка которой отличается от другой значением хотя бы одного атрибута.

Опишем ОТС с точки зрения решения задачи параметрической оптимизации номенклатуры технических изделий с использованием следующего кортежа множеств:

$$\langle \mathbf{S}, \mathbf{E}, \mathbf{P}, \mathbf{D} \rangle, \quad (7)$$

где \mathbf{S} – множество видов технических изделий; \mathbf{E} – множество альтернативных вариантов переоснащения номенклатуры техники; \mathbf{P} – множество параметров, характеризующих виды техники; \mathbf{D} – множество значений параметров конкретных видов техники.

Применительно к кортежу (7) составим схему реляционных отношений (рисунок 3), в названии каждого из которых в круглых скобках указано соответствующее множество. С целью удобства записи операций реляционной алгебры отношения и их атрибуты при сохранении соответствия переименуем с использованием букв латинского алфавита. Так, например, атрибуту «Мощность популяции» отношения «Оснащение» в исходной схеме (рисунок 3) идентичен атрибуту Λ отношения \mathbf{E} в упрощенной схеме (рисунок 4). Причем множество \mathbf{S} представляет собой совокупность видов техники, которые в настоящее время применяются или могут применяться в существующей ОТС. В отношении \mathbf{E} представлены различные варианты переоснащения номенклатуры техники с соответствующими значениями мощности популяции. Исходный вариант номенклатуры технических изделий представлен вариантом, номер которого равен 0.

В реляционной модели данных действует правило реляционной замкнутости, согласно которому результат выполнения реляционных операций над отношениями есть отношение. В выражениях реляционной алгебры применим следующие операции: σ – селекция, π – проекция; γ – группировка кортежей; τ – сортировка, где desc указывает убывающий и asc возрастающий порядок; \rightarrow – переименование атрибута или отношения; $\triangleright \triangleleft$ – соединение отношений по общим атрибутам. Введем дополнительную операцию λ , которая не отвечает требованию реляционной замкнутости, а возвращает скалярное значение из первой строки первого столбца отношения. Названия отношений в приводимых операциях соответствуют упрощенной схеме (рисунок 4).

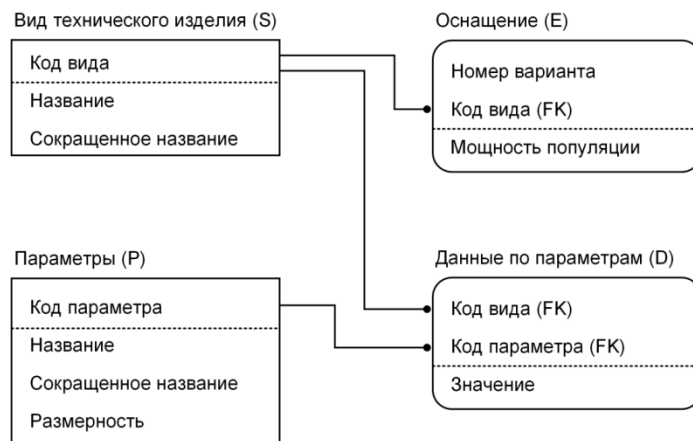


Рис. 3. Схема отношений, выполненная в нотации IDEF1x

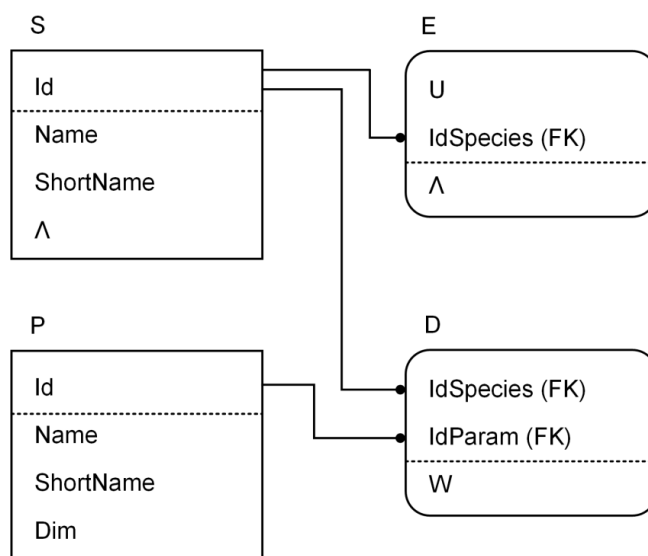


Рис. 4. Упрощенная схема отношений

Зададим функцию, определяемую на отношениях **S**, **D**, **E** и **P**, ставящую в соответствие каждому варианту переоснащения u и параметру p отношение, характеризующее множество значений параметров технических изделий и мощностей популяции номенклатуры технических изделий ОТС:

$$W(u, p) = \tau_{D.Wdesc} \left(\pi_{S.Name, D.W, S, \lambda} \left(\sigma_{E.U=u \wedge P.Name=p} (S \triangleright \triangleleft D \triangleright \triangleleft E \triangleright \triangleleft P) \right) \right), \quad (8)$$

где p – название конкретного параметра параметрической подсистемы ОТС;

u – номер варианта переоснащения (для $u=0$ представлен исходный вариант номенклатуры технических изделий).

Значения функции $W(u, p)$ необходимы для построения рангового параметрического распределения, описываемого выражением (1). Документальная подсистема ОТС описывается ранговым видовым распределением вида (3). Определим функцию от варианта переоснащения u , выводящую данные для построения распределения документальной подсистемы:

$$O(u) = \tau_{\text{Edesc}} \left(\pi_{\mathbf{P}, \text{Name}, \mathbf{E}} \left(\gamma_{\mathbf{D}, \text{IdParam}, \text{count}(\mathbf{D}, \text{IdSpecies}) \rightarrow \mathbf{E}} \left(\sigma_{\mathbf{E}, \mathbf{U}=\mathbf{u}} (\mathbf{S} \triangleright \triangleleft \mathbf{D} \triangleright \triangleleft \mathbf{E} \triangleright \triangleleft \mathbf{P}) \right) \right) \right), \quad (9)$$

где \mathbf{E} – вычисляемый атрибут, характеризующий численность документального вида в соответствии с выражением (4). Значения численностей отсортированы в убывающем порядке.

Для расчета ресурсной энтропии параметрической подсистемы ОТС варианта номенклатуры техники u по конкретному параметру p зададимся функцией $H_p(u, p)$. Для предварительных расчетных задач введем отношения \mathbf{K} и \mathbf{L} .

$$\mathbf{K} = \pi_{\mathbf{A}, \mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{D}, \text{IdParam}} \left(\gamma_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{D}, \text{IdParam}, \text{sum}(\mathbf{E}, \mathbf{A}, \mathbf{D}, \mathbf{W}) \rightarrow \mathbf{A}} (\mathbf{S} \triangleright \triangleleft \mathbf{D} \triangleright \triangleleft \mathbf{E}) \right), \quad (10)$$

где \mathbf{K} – отношение, содержащее для конкретного варианта переоснащения по выбранному параметру значение суммарного параметрического ресурса ОТС.

$$\mathbf{L} = \pi_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{D}, \text{IdParam}, \mathbf{E}, \text{IdSpecies}, \mathbf{B}} \left(\gamma_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{D}, \text{IdParam}, \mathbf{E}, \text{IdSpecies}, \text{sum}(\mathbf{E}, \mathbf{A}, \mathbf{D}, \mathbf{W}) \rightarrow \mathbf{B}} (\mathbf{S} \triangleright \triangleleft \mathbf{D} \triangleright \triangleleft \mathbf{E}) \right), \quad (11)$$

где \mathbf{L} – отношение, содержащее значения параметрических ресурсов, приходящихся на виды техники по имеющимся параметрам.

$$H_p(u, p) = \lambda \left[\pi_{\mathbf{Q}} \left(\gamma_{\left(-\text{sum} \left(\frac{\mathbf{F}, \mathbf{B}}{\mathbf{Z}, \mathbf{A}} \right) \cdot \ln \left(\frac{\mathbf{F}, \mathbf{B}}{\mathbf{Z}, \mathbf{A}} \right) \right) \rightarrow \mathbf{Q}} \left(\sigma_{\substack{\mathbf{U}=\mathbf{u} \wedge \\ \text{IdParam}=p}} (\mathbf{K}) \right) \times \left(\sigma_{\substack{\mathbf{U}=\mathbf{u} \wedge \\ \text{IdParam}=p}} (\mathbf{L}) \right) \right) \right], \quad (12)$$

где \mathbf{Q} – вычисляемый атрибут по выражению (2).

После формирования альтернативных вариантов номенклатуры техники осуществляется расчет ресурсной энтропии документальной подсистемы H_d по каждому из вариантов u . Зададим функцию $H_d(u)$, устанавливающую каждому варианту переоснащения значение показателя ресурсной энтропии документальной подсистемы ОТС. Введем отношения \mathbf{A} , \mathbf{B} и \mathbf{C} , необходимые для хранения промежуточных результатов.

$$\mathbf{A} = \pi_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{R}} \left(\gamma_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \text{count}(\ast) \rightarrow \mathbf{R}} (\mathbf{E} \triangleright \triangleleft \mathbf{S} \triangleright \triangleleft \mathbf{D}) \right), \quad (13)$$

где \mathbf{A} – отношение, содержащее общее число особей документальной подсистемы ОТС по сформированным вариантам переоснащения.

$$\mathbf{C} = \pi_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{X}, \mathbf{D}, \text{IdParam}} \left(\gamma_{\mathbf{E}, \mathbf{U}, \mathbf{D}, \text{IdParam}, \text{count}(\mathbf{D}, \text{IdSpecies}) \rightarrow \mathbf{X}} (\mathbf{E} \triangleright \triangleleft \mathbf{S} \triangleright \triangleleft \mathbf{D}) \right), \quad (14)$$

где \mathbf{C} – отношение, содержащее коды вариантов переоснащения, коды видов документальной подсистемы и мощности их популяции.

$$\mathbf{B} = \pi_{\mathbf{U}, \mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{V}} \left(\gamma_{\mathbf{U}, \mathbf{X}, \text{count}(\mathbf{C}, \text{IdParam}) \rightarrow \mathbf{Y}, \mathbf{X}, \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{V}} (\mathbf{C}) \right), \quad (15)$$

где \mathbf{B} – отношение, описывающее данные для расчета ресурсной энтропии документальной подсистемы ОТС по сформированным вариантам переоснащения.

$$H_d(u) = \lambda \left[\pi_{\mathbf{T}} \left(\gamma_{\left(-\text{sum} \left(\frac{\mathbf{B}, \mathbf{V}}{\mathbf{A}, \mathbf{R}} \right) \cdot \ln \left(\frac{\mathbf{B}, \mathbf{V}}{\mathbf{A}, \mathbf{R}} \right) \right) \rightarrow \mathbf{T}} \left((\sigma_{\mathbf{U}=\mathbf{u}} (\mathbf{A})) \times (\sigma_{\mathbf{U}=\mathbf{u}} (\mathbf{B})) \right) \right) \right]. \quad (16)$$

На рисунке 5 представлен алгоритм использования запросов к БД, схема которой изображена на рисунке 4, для формирования предложений по выбору конкретного варианта переоснащения из альтернативных.

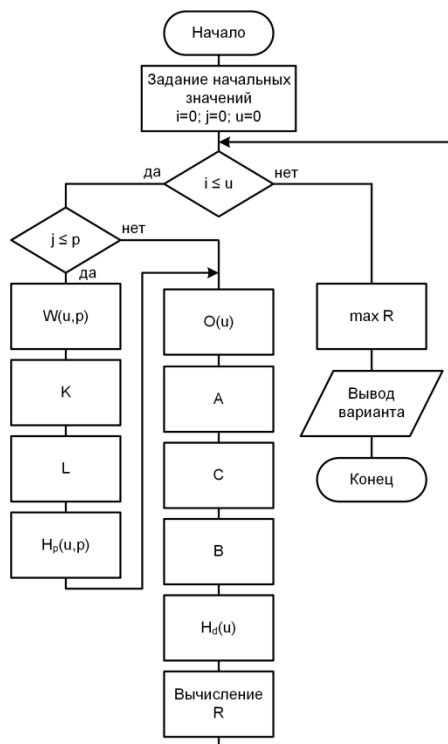


Рис. 5. Алгоритм вычислений с использованием запросов к БД

На начальном этапе осуществляются расчетные процедуры для исходного варианта переоснащения ($u = 0$), затем для всех сформированных альтернативных вариантов переоснащения. Для каждого имеющегося в БД варианта переоснащения сначала осуществляется анализ параметрической подсистемы ОТС посредством вычисления функции $W(u,p)$ по выражению (8), необходимой для построения рангового параметрического распределения по параметрам. Далее посредством запросов к БД находятся множества **K** и **L** (10, 11) и рассчитывается ресурсная энтропия по каждому параметру для всех вариантов переоснащения по выражению (12). Осуществляется анализ выделенной документальной подсистемы ОТС посредством нахождения значений функции $O(u)$ в соответствии с формулой (9). Для расчета энтропии вычисляются значения функции $H_d(u)$ по каждому варианту переоснащения (16). Множества **A**, **B**, **C** необходимы для хранения значений промежуточных операций. Вычисляется расстояние в многомерном пространстве значений энтропий параметрической и документальной подсистем в соответствии с выражением (6). Из сформированных альтернативных вариантов переоснащения выбирается тот, который обладает максимальным значением R .

Таким образом, оптимизация многономенклатурных ОТС техноценологического типа требует учета разнообразия параметров номенклатуры техники. Это привело к разработке процедуры параметрического анализа. В ходе нее осуществляется разделение информации о номенклатуре техники ОТС на документальную и параметрическую подсистемы, а также последующее их совместное описание при помощи ранговых распределений. Существенное расширение номенклатуры техники ОТС, а также развитие выразительности языка запросов современных СУБД делает обоснованным их применение в задачах оптимизации номенклатуры техники ОТС. Так для планирования научно-технической политики по техническому переоснащению целесообразно информацию об ОТС организовать в БД, а ее информационную модель представить схемой реляционных отношений. Это позволяет значение показателя выбора наиболее подходящего варианта переоснащения (6), вычисляемого по соответствующим аналитическим выражениям, оценить путем выполнения поисковых запросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. – Выпуск 29. Ценологические исследования. – М.: Изд-во ТГУ «Центр системных исследований», 2005. – 384 с.
2. Моделирование систем: учебник / Л.И. Двойрис, В.И. Гнатюк, Д.В. Луценко и др. – Калининград: КПИ, 2009. – 650 с.

PARAMETRIC ANALYSIS OF THE MULTI-NOMENCLATURE ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL TYPE USING THE CONCEPT OF DATABASES

¹Oleynik Vitaly Sergeevich, candidate of technical sciences, senior researcher

¹Lutsenko Dmitry Vladimirovich, candidate of technical sciences, docent, leading researcher

²Golubkov Aleksandr Vasilevich, senior fellow at Technopark

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",

Kaliningrad, Russia, e-mail: vitoskenigsberg@mail.ru; lutsenko@bk.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: mail@gnatukvi.ru

This article presents a method of mathematical description of the organizational and technical system using the apparatus of rank distributions. In this work, the concepts of documentary and parametric subsystems are introduced for the first time. The technique of choosing the most rational variant of re-equipment with types of equipment based on the entropy criterion is described. An information model of the system has been developed from the point of view of solving the problem of parametric optimization of the nomenclature of equipment, the basic queries are described in the language of relational algebra, which allow automating calculation procedures using DBMS tools.

УДК 623, 519.8, 004.41, 004.65

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ZP-НОРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СРЕДСТВАМИ СУБД

¹Олейник Виталий Сергеевич, канд. техн. наук, научный сотрудник

¹Тимченко Александр Владимирович, канд. техн. наук, научный сотрудник

²Геллер Борис Львович, канд. техн. наук, доцент кафедры
«Электрооборудование судов и электроэнергетика»

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: vitoskenigsberg@mail.ru; timalex84@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: geller149@yandex.ru

В статье описывается порядок расчёта системного потенциала энергосбережения путём применения аппарата реляционной алгебры. Рассматривается механизм реализации первого модуля тонкой процедуры рангового анализа (ZP-анализа) для организационно-технической системы средствами системы управления базами данных.

Современный крупный инфраструктурный объект (организация, предприятие и т.д.) представляет собой организационно-техническую систему (ОТС). В [1] приводится определение ОТС, под которой понимается множество взаимосвязанных материальных объектов (технических средств и обслуживающего персонала), непосредственно участвующих в проведении операции и объединённых общей целью функционирования. Внутри ОТС технические изделия рассматриваются как взаимосвязанная совокупность приемников электрической энергии (ПЭЭ). Под ПЭЭ понимается – устройство, в котором происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии для ее последующего использования [2]. В соответствии с принятыми подходами в теории электроснабжения объектов ПЭЭ делятся на технические и технологические. Понимая, что

функционирование инфраструктуры организации (предприятия) осуществляется в целях выполнения основных задач, ПЭЭ делятся на общие и специальные назначения.

Одним из методов исследования ОТС ВН является ранговый анализ. Ранговый анализ (РА) – метод исследования больших технических систем (инфраструктурных объектов), имеющий целью их статистический анализ, а также оптимизацию и полагающий в качестве основного критерия форму видовых и ранговых распределений [3].

Потенциал энергосбережения (системный потенциал энергосбережения) – полученная на расчетную глубину времени абсолютная разница между электропотреблением регионального электротехнического комплекса (РЭК) (в кВт·ч) без реализации энергосберегающих мероприятий, с одной стороны, и электропотреблением, соответствующим нижней границе переменного доверительного интервала, с другой [3].

В работах, использующих в своей основе ТЦ-методы исследования [3,4], системный потенциал энергосбережения обозначается как Z-потенциал (по первой букве фамилии известного ученого, открывшего ципфовое распределение – George Zipf). Величина Z-потенциала (ΔW) рассчитывается с помощью ранговых распределений по следующему выражению:

$$\Delta W = \int_1^n w(r) dr - \int_1^n w^*(r) dr, \quad (1)$$

где $w^*(r)$ – нижняя граница Z-потенциала энергосбережения;
 $w(r)$ – аппроксимационная кривая фактических значений по электропотреблению (ЭП);
 n – общее количество объектов РЭК.

Системный потенциал энергосбережения характеризуется двухуровневой оценкой (Z1- и Z2-потенциал), что позволяет учитывать не только системные свойства, но и функциональное разделение объектов в организационно-штатной структуре. Первый уровень характеризуется Z1-потенциалом, когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала.

С целью учета индивидуальных свойств объектов учеными: В.И. Гнатюком, Д.В. Луценко, П.Ю. Дюндиком, А.А. Шейниным, С.А. Дорофеевым в дополнение к стандартным разработаны тонкие процедуры РА (рисунок 1) [3,4].

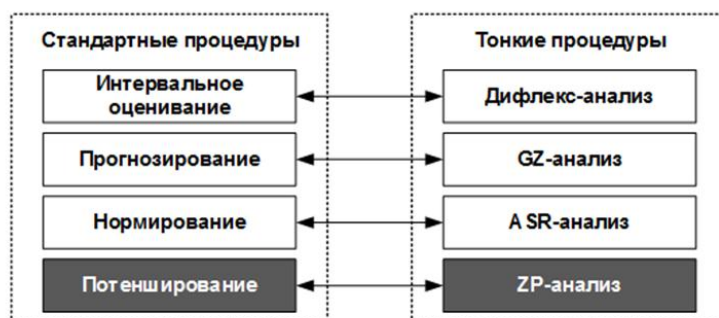


Рис. 1. Процедуры оптимального управления электропотреблением РЭК

Тонкой процедурой, уточняющей потенцирование, является ZP-анализ, основной целью которого является определение границы и реализация системного потенциала энергосбережения за счет доступных для РЭК лучших технических решений. Под доступными техническими решениями понимаются изделия, применяющиеся в данной системе и обладающие наилучшими показателями энергоэффективности. Принципиальное отличие ZP-анализа от других тонких процедур состоит в использовании большого количества данных. Так при реализации ZP-нормирования (рис. 2) помимо данных по ЭП объектов обрабатываются данные по: функциональным группам (ФГ), лидинговым параметрам (ЛП) объектов, номенклатуре ПЭЭ. Поэтому считается обоснованным реализовывать процедуру ZP-нормирования, используя возможности современных СУБД.

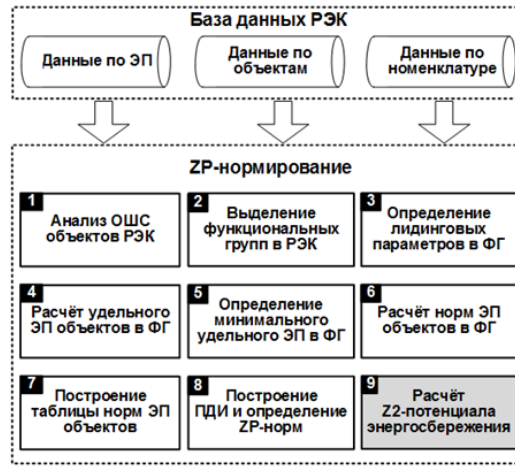


Рис. 2. Структура процедуры ZP-нормирования

С этой целью для исследуемого РЭК разработана информационно-логическая модель, представляющая фактографическое описание классов информационных объектов, задействованных в ZP-анализе. Использование информационной модели основывается на аппарате реляционной алгебры, операндом в котором является отношение. Отношение есть класс информационных объектов. В ходе детального анализа предметной области выделены следующие классы информационных объектов (рисунок 3):

$$T = \{G, P, O, W, PO, S, U\}, \quad (2)$$

- где
- G – функциональная группа;
 - P – лидинговый параметр;
 - O – объект;
 - W – данные по ЭП;
 - PO – параметры объекта;
 - S – вид ПЭЭ;
 - U – приемник ЭЭ.

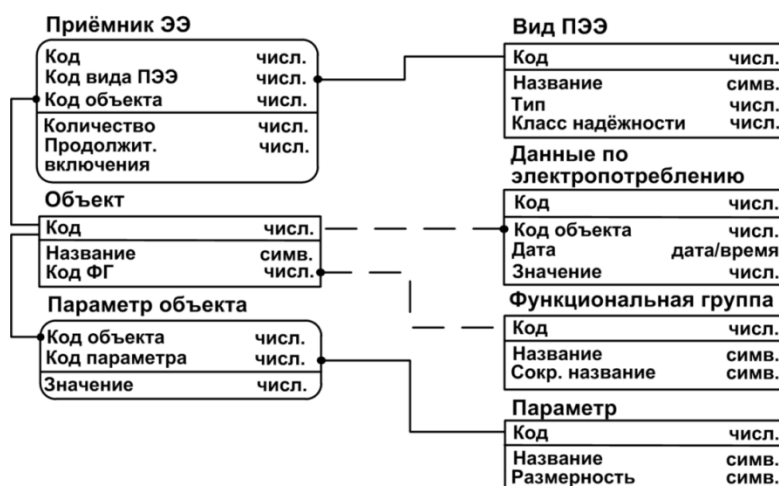


Рисунок 3 – Фрагмент информационно-логической модели базы данных

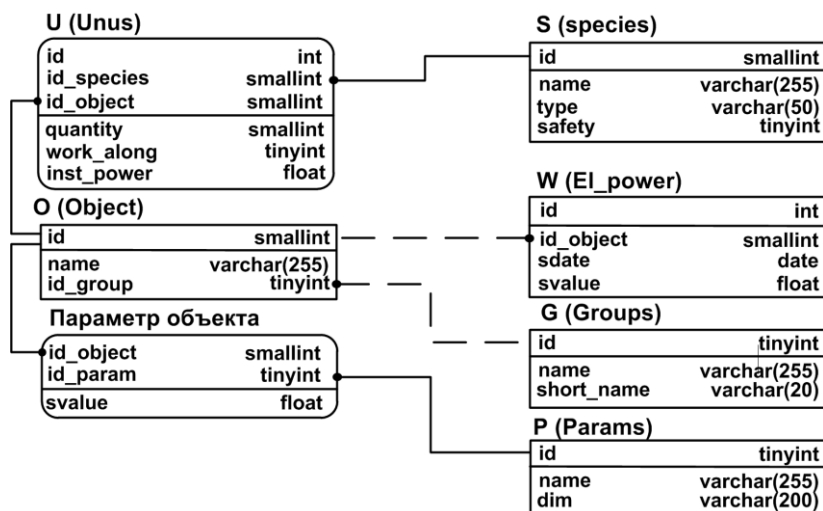


Рисунок 4 – Фрагмент физической модели базы данных

Первым в ZP-нормировании определяется значение удельного ЭП каждого объекта. Удельное ЭП рассчитывается как отношение фактического значения ЭП объекта к величине его ЛП [3]:

$$\tilde{W} = \frac{W}{L}, \quad (3)$$

- где
- \tilde{W} – удельное ЭП объекта;
 - W – фактическое ЭП объекта;
 - L – значение ЛП объекта.

Особенностью предлагаемой модели (рисунок 4) является то, что объект может характеризоваться не одним, а несколькими ЛП. Данная особенность позволяет наиболее точно и объективно определять величину системного потенциала энергосбережения. Рассмотрим порядок пересчета ЭП объектов на основе лучших удельных показателей с использованием операций реляционной алгебры. Производное отношение «OG», отражающее значения удельного ЭП объектов, определяется выражением вида:

$$OG = \pi_{\substack{O.id, \\ O.id_group, \\ e, \\ W.date}} \left(\rho_{e \leftarrow \frac{W.svalue}{PO.svalue}} \left(\sigma_{PO.id_param=1} \left(PO \triangleright \triangleleft O \triangleright \triangleleft W \right) \right) \right), \quad (4)$$

- где
- PO, O, W – исходные отношения в физической модели (рис.5);
 - π – операция проекции;
 - ρ – операция переименования столбца;
 - σ – операция селекции;
 - e – вычисляемый столбец (атрибут) содержащий значения удельного ЭП объектов.

Следующим шагом ZP-нормирования (рисунок 3) является определение минимального удельного ЭП объекта в группе на каждом временном интервале. Для решения данной задачи необходимо обратиться к отношению OG (4). Затем производится группировка по дате и коду ФГ (атрибуты «id_group», «date»). Далее находится минимальное значение удельного ЭП объекта (ат-

рибут «e» отношения OG) в каждой ФГ. В результате формируется производное отношение MG следующего вида:

$$MG = \pi_{\substack{\text{id_group,} \\ \text{date,} \\ \text{me}}} (\gamma_{\text{id_group, date; min(e)} \rightarrow \text{me}} (OG)), \quad (5)$$

где γ – операция группировки;
 me – атрибут, характеризующий минимальное значение удельного ЭП ФГ на отдельном временном интервале.

Минимальное удельное ЭП в каждой ФГ будет являться образцовым, с использованием которого пересчитывается ЭП остальных объектов.

На шестом шаге ZP-нормирования (рисунок 3) для каждого объекта пересчитывается ЭП [4]:

$$w^P = \tilde{w}_{\min} \cdot L, \quad (6)$$

где \tilde{w}_{\min} – наименьшее значение удельного ЭП в рассматриваемой ФГ.

Полученное в (6) значение характеризует ЭП объекта в предположении, что оно будет таким же, как у наиболее энергоэффективного в соответствующей ФГ, и называется нормой.

Для выполнения данного шага необходимо отношение MG (5) соединить с отношениями O и PO (2), наложить условие на атрибут «id_param», устанавливающее анализируемый ЛП, и сформировать вычисляемый столбец, содержащий расчетные значения:

$$ZD = \pi_{\substack{O.\text{id,} \\ MG.\text{date,} \\ Zp}} \left(\rho_{Zp \leftarrow MG.me \cdot PO.svalue} \left(\sigma_{PO.\text{id_param}=l} \left(MG \triangleright \triangleleft O \triangleright \triangleleft PO \right) \right) \right), \quad (7)$$

где ZD – производное отношение, отражающее нормы ЭП объектов;
 Zp – атрибут, характеризующий нормы ЭП объектов.

На седьмом шаге ZP-нормирования (рисунок 3) осуществляется построение таблицы норм ЭП объектов (далее – таблицы норм). Отдельная строка таблицы норм показывает значения расчетного ЭП объекта на основе образцового объекта внутри ФГ в различные промежутки времени. Число столбцов определяется количеством временных интервалов.

Таблица норм представляет собой перекрестную таблицу, полученную из отношения «ZD» (7) (рис.5).

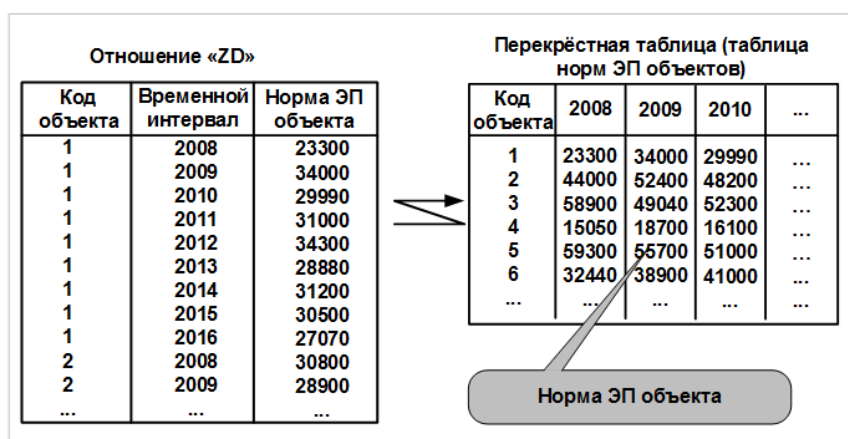


Рис. 5. Построение таблицы норм ЭП объектов по данным отношения «ZD»

На восьмом шаге ZP-нормирования (рисунок 2) по данным таблицы норм осуществляется построение и аппроксимация границ переменного доверительного интервала (ПДИ) по методике, применяемой для оценки величины Z1-потенциала. Нижняя граница полученного ПДИ в ходе проведения процедуры ZP-нормирования представляет системные нормы по ЭП объектов, называемые в [3, 4] ZP-нормами. В отличие от расчетного ЭП объектов (6) ZP-нормы, определяемые на основе ранговых распределений, учитывают системные свойства РЭК.

На заключительном шаге ZP-нормирования рассчитывается Z2-потенциал энергосбережения (рисунок 6) как интегральная разность между аппроксимационной кривой фактических значений по ЭП объектов и нижней границей ПДИ. В результате Z2-потенциал (рисунок 6) определяется по выражению [3, 4]:

$$\Delta W_2 = \int_1^n w(r) dr - \int_1^n w_2(r) dr, \quad (8)$$

где ΔW_2 – величина Z2-потенциала энергосбережения;

$w_2(r)$ – аппроксимационная кривая, устанавливающая нижнюю границу Z2-потенциала;

n – количество объектов РЭК.

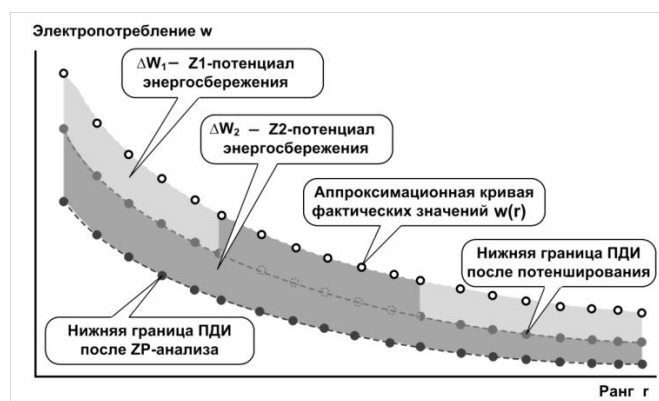


Рис. 6. Z2-потенциал энергосбережения

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- разработанная информационно-логическая модель по учету данных по ЭП и реализованная на ее основе база данных позволила использовать операции реляционной алгебры для решения задач ZP-анализа;

- предложено в ZP-анализе использовать не один, а сразу несколько ЛП, что позволит увеличить точность получаемых оценок и качество разрабатываемых энергосберегающих мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Часть 1. Методология, методы, модели / Г.Б. Петухов. – М. : Министерство обороны СССР, 1989. – 647 с.
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. – 416 с.
3. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2020]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
4. Гнатюк В.И. Потенциал энергосбережения техноценоза: трактат/ В.И. Гнатюк. Калининград: КИЦ «Техноценоз», 2013. – 64 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://gnatukvi.ru/zip_files/article_61.zip.

IMPLEMENTING THE NORMALIZATION PROCEDURE FOR ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS USING DBMS

¹Oleynik Vitali Sergeevich, Candidate of Technical Sciences

¹Timchenko Aleksandr Vladimirovich., Candidate of Technical Sciences

²Geller Boris Lvovich., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",

Kaliningrad, Russia, e-mail: vitoskenigsberg@mail.ru; timalex84@mail.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: geller149@yandex.ru

The article describes the procedure for determining the efficiency of the purposeful process of power consumption of the organizational and technical system. The mechanism of evaluation of planned and conducted organizational and technical measures of energy saving is considered.

In the article the order of the most rational variant of re-equipment with the purpose of realization of technical measures of energy saving.

УДК 621.311; 658.512:005

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРИПОРТОВОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Петренко Евгений Владимирович, ведущий специалист технопарка

²Морозов Дмитрий Геннадьевич, научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: petrenkoe@hotmail.com

²ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: morozov@dmitry.by

В статье рассмотрен программно-аппаратный комплекс, который включает в себя элементы цифрового двойника по электропотреблению. Его основой является модель процесса электропотребления объектов припортового электротехнического комплекса Калининградской области, которая, по сути, представляет собой набор расчётных и графических модулей, позволяющих с высокой точностью описывать его поведение, а также технологического или производственного процесса, сервисов.

Стремительно увеличивающиеся объемы данных (Big Data), а точнее, с содержательными («умными») данными (Smart Big Data), включая снижение объемов «мусорных» данных и транзакционных издержек, а также повышение прозрачности и наглядности процессов генерации и обработки данных прямо стимулирует развитие цифровой экономики в современном мире. Центральное место в экономике по праву занимает материальное производство – высокотехнологичная промышленность, отвечающая, в первую очередь, требованиям высокой производительности труда, экономической эффективности и глобальной конкурентоспособности. Для удовлетворения этим требованиям необходимым и актуальным этапом развития высокотехнологичной промышленности является цифровая трансформация бизнес-процессов и бизнес-моделей, то есть фактически трансформация высокотехнологичной промышленности в цифровую промышленность путем разработки и применения цифровых двойников.

Для проработки различных сценариев использования: функционирования в разных условиях окружающей среды, изменения нагрузок, работу в чрезвычайных условиях, влияния изменений конструкции, и иных факторов, а также для точного моделирования на протяжении всего жизненного цикла процесса электропотребления и прогнозирования электропотребления припортового электротехнического комплекса требуется использование цифрового двойника. Цифровые двойники – это понятие используется уже более 30 лет как концепция виртуального представления физического объекта или процесса, которое используется чтобы оценивать и прогнозировать рабочие характеристики объекта или процесса. Для обеспечения точного моделирования всего жизненного цикла процесса электропотребления необходимо получать данные в реальном времени и изменения этих данных в достаточно большом объеме. Используя эти данные, цифровой двойник способен обучаться, совершенствоваться и изменяться в соответствии с изменением физического аналога на протяжении всего жизненного цикла процесса электропотребления. Тем самым, появляется замкнутая обратная связь в виртуальной среде, которая позволяет постоянно оптимизировать процесс электропотребления с минимальными затратами. Благодаря цифровому двойнику, существенно снижаются затраты на проектирование оборудования, системы и на эксплуатацию самой системы. Цифровой двойник – это, прежде всего, технология, процесс проектирования, в основе которого лежит разработка и применение семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей, описываемых 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, с высоким уровнем адекватности: поведению в различных условиях эксплуатации реальных материалов, объектов / систем / машин / конструкций / , разнообразным технологическим процессам, с помощью которых создаются реальные материалы и реальные объекты / изделия / продукты.

Цифровой двойник электропотребления – постоянно меняющийся цифровой профиль, содержащий актуальные адаптированные слои данных, являющиеся результатом циклической реализации программного функционала техноценоза на OLAP-кубе данных по электропотреблению.

Уже давно не секрет, что на сегодняшний день в электроэнергетике высокий уровень износа основных производственных фондов, а темпы их обновления очень недостаточны. Увеличение ресурса основного технологического оборудования осуществляется в основном за счет продления срока службы и использования систем прогнозирования. Поставщики таких систем – производители оборудования либо сторонние компании. С самого начала система, и это является основным, используется для подтверждения корректной эксплуатации оборудования в рамках гарантийного срока и для осуществления своевременного сервиса. Подобным способом, с оборудования действительно снимается большой объем технологической информации (цифровой след). С учетом такого подхода электроэнергетическая компания - собственник оборудования хочет понимать, насколько предлагаемый производителем сервис оптимален и не избыточен – какова его технико-экономическая эффективность. Подобный запрос порождает предложение от альтернативных поставщиков таких систем. И ядром этих систем являются экспертные модели, основанные на опыте специалистов, участвующих в эксплуатации оборудования.

На сегодняшний день предпринимаются попытки заместить экспертные модели технологиями больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения и другими. Важно понимать, что они смогут служить только для быстрого выявления аномального тренда («что-то происходит не так»), но не для прогноза, когда и что случится, чтобы принять превентивные меры. Но даже для этого применения требуются формализованные экспертные модели и достаточный объем соответствующих моделям унифицированных данных, чтобы «обучить» эти технологии.

Таким образом, указанные системы не обладают прогнозным потенциалом и позволяют собственнику оборудования (объекта) принять краткосрочные ситуативные решения – невозможно понять, как и почему улучшить ту или иную конструкцию оборудования (цепочки оборудования), а также управлять жизненным циклом оборудования/объекта (собственник получает определённый уровень (не)эффективности постфактум от поставщика оборудования).

Учитывая имеющиеся ограничения по стоимости электроэнергии, вполне обоснованно уже сейчас переходить на модель управления жизненным циклом как отдельного оборудования, так и энергосистемы в целом. Имеющийся опыт эксплуатации производственного оборудования необходимо учитывать в новых требованиях к продукции при обновлении, производить не разовую модернизацию, а постоянное улучшение энергосистемы за счет вывода устаревших технологий и

их замены на более современные – обеспечить постепенное обновление как возраста оборудования, так и используемых технологий.

В этих условиях компания заинтересована покупать не «железо», а полезный эффект, соответствующий набору функциональных требований: себестоимость производимого продукта/услуги и гибкую совместимость с элементами технологической цепочки (как внутри компании, так и в отраслевой цепочке создания ценности).

В сквозной модели жизненного цикла функциональные требования потребителя к энергокомпании транслируются энергокомпанией к производителю оборудования.

И от оборудования, и от электроснабжения как от продукта требуется быстро менять свои свойства в зависимости от предпочтений потребителя. Возникает необходимость использования инструментов, позволяющих ускорить процессы разработки, производства и внедрения новых продуктов и сервисов. Это становится возможным при условии использования цифровых двойников – совместимых между собой и с разными уровнями детализации.

Переход на идеологию управления жизненным циклом ставит задачу формирования цифрового двойника еще на этапе проектирования, а затем его последовательного совершенствования за счет накопленных данных о поведении реального объекта моделирования.

На этапе эксплуатации он дает возможность прогнозировать поведение объекта/системы/процесса в условиях, изменяющихся условий и требований. Возможно моделирование любых условий воздействия, поэтому цифровой двойник – это отличный инструмент прогнозирования, ядро любой предсказательной системы. Прогнозный потенциал цифрового двойника принципиально отличает его от «цифрового следа», которая представляет собой набор данных о поведении объекта в прошлом, являясь, по сути, памятью об опыте объекта.

При этом важны следующие моменты. Во-первых, процесс создания адекватного цифрового двойника зачастую лежит на стыке различных дисциплин и требует участия специалистов соответствующих областей знания. Становится необходимым формирование экосистемы цифрового моделирования, удобным инструментом взаимодействия для которых являются цифровые платформы.

Во-вторых, доверие к цифровым моделям должно подтверждаться либо экспериментальным путем, что иногда довольно затруднительно, либо определяться открытостью и многократным использованием библиотек моделей отдельных узлов, расчетных алгоритмов, предварительно настроенных моделей для конкретных типов оборудования конкретного производителя. Иностранная компания не спешит делиться своими наработками в области создания цифровых двойников.

В-третьих, в настоящее время в электроэнергетике еще слаба нормативная база, стимулирующая переход к сквозному использованию цифровых двойников на всех этапах жизненного цикла.

Минэнерго России видит свою задачу, прежде всего, в формировании условий и стимулов в виде нормативной базы, направленной на широкое внедрение в отрасль новых подходов к выстраиванию взаимоотношений между всеми участниками электроэнергетического рынка, базирующихся на широкомасштабном применении цифровых двойников и информационных моделей. Для этого будет целенаправленно формироваться единая информационная среда на основе платформенных решений, а также экосистема, которая включает в себя научные институты, производителей оборудования и энергокомпании, и базируется на принципах выстраивания взаимовыгодных отношений и использовании единых подходов, стандартов и платформенных решений.

Объектом наших исследований является региональный электротехнический комплекс, который рассматривается как ограниченная в пространстве и времени обладающая техноценологическими свойствами взаимосвязанная совокупность потребителей электроэнергии, реализующая в единой системе управления и всестороннего обеспечения цель оптимального управления электропотреблением. Наш объект исследования выступает в качестве подсистемы регионального электроэнергетического комплекса, под которым понимается ограниченная в пространстве и времени обладающая техноценологическими свойствами взаимосвязанная совокупность источников и потребителей электроэнергии, а также транспортно-сетевое хозяйство и системы материально-технического обеспечения, реализующая в единой системе управления и обеспечения цель электроснабжения регионального электротехнического комплекса (рис. 1) [1-11].

С методологической точки зрения, рассматривая региональный электроэнергетический комплекс, в котором, как и в любой электрической цепи, реализуется единый процесс производства, передачи и потребления электроэнергии, мы имеем дело с двумя разными предметными об-

ластями. Первая рассматривает объект исследования как систему электроснабжения, где в качестве базовой выступает теория электрических цепей. Вторая предметная область изучает объект исследования как взаимосвязанную совокупность потребителей электроэнергии, т.е. техноценоз. Научная проблема, связанная с нашим многолетним практическим воплощением закона оптимального построения техноценозов в области исследования региональных электротехнических комплексов, заключается в разработке теории оптимального управления электропотреблением, в основе которой лежит методология рангового анализа техноценозов.

Очевидно, что в теории оптимального управления электропотреблением техноценозов, собственно понятие «электропотребление» занимает центральное место, однако, в его толковании имеется ряд проблем. Сразу отметим, что электропотребление, в зависимости от контекста, объекта, предмета и области исследований, может рассматриваться в трех различных смыслах: как показатель, как параметр и как процесс.

Параметрическая виртуализация, предполагающая формирование и обработку хранилища данных с использованием процедур рангового анализа техноценоза по электропотреблению, позволяет создать его однопараметрический цифровой двойник как постоянно меняющийся цифровой профиль, содержащий наиболее актуальные данные по электропотреблению объектов. Это позволяет: 1) надежно хранить данные по электропотреблению, снятые с приборов учета, осуществлять их очистку, форматирование, верификацию, сглаживание и первичную статистическую обработку; 2) осуществлять постоянный учет системности данных, комплексную оценку влияния техноценоза на объекты и объектов на техноценоз, а также расчет параметров внешних управляющих воздействий; 3) выполнять динамическую корректную оценку количественно-качественных показателей электропотребления, расчет неизбежного ущерба техноценозу от неэффективного расходования электроэнергии объектами; 4) обеспечивать получение полной информации о потенциале энергосбережения как техноценоза в целом, так и каждого из его объектов, мониторинг показателей эффективности и выбор лучшей стратегии управления (рис. 2).



Рис. 1. Региональный электроэнергетический комплекс

Вспомним, что электропотребление – управляемый (дифлексируемый, прогнозируемый, нормируемый и потензируемый) процесс потребления электроэнергии приемниками или потребителями, осуществляемый автономно либо в составе техноценоза с целью обеспечения электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества с предельно возможной экономией электроэнергии и минимизацией затрат. Если взглянуть на цикл управления (рис. 8), то можно заключить, что применение параметрического цифрового двойника в управлении позволит существенно повысить качество на всех этапах и, тем самым, создаст предпосылки для разработки новой цифровой платформы энергоэффективности [1,11].

Цифровая платформа энергоэффективности реализует применение параметрического цифрового двойника в управлении, что позволяет повысить качество на всех этапах процесса электропотребления (рис. 2).

Цифровая платформа энергоэффективности представляет собой интегрированную информационно-аналитическую систему, реализующую применение параметрического цифрового двойника техноценоза в управлении электропотреблением. Платформа обеспечивает пять потоков данных: очистки и абстрагирования, инерционной, динамической и бифуркационной обработки, а

также обратной адаптации, что позволяет повысить качество управления на всех этапах процесса электропотребления. Однопараметрический цифровой двойник техноценоза – постоянно меняющийся цифровой профиль, содержащий наиболее актуальное хранилище данных по электропотреблению рангов и/или объектов техноценоза. Под хранилищем данных техноценоза по электропотреблению понимается предметно-ориентированная информационная база данных, организованная в виде OLAP-куба и используемая для поддержки принятия решений в рамках цифровой платформы энергоэффективности.



Рис. 2. Концептуальная модель цифровой платформы

В рамках исследования был разработан программный прототип части функций цифрового двойника электропотребления на примере припортового электротехнического комплекса калининградской области. Исследование началось со сбора статистической информации об объектах техноценоза. Была собрана база данных по электропотреблению на основных подстанциях за 11 лет, с 2008 по 2019 год. Данные брались по месячные. База данных представляет собой неупорядоченную совокупность значений электропотребления объектов техноценоза. Визуализация данных – это интерактивная карта калининградской области, с точной гео-привязкой, разбитой на районы (рис. 3). На карте точно отмечены все подстанции области, с данными по электропотреблению по каждой из них и дополнительной информацией. Желтыми линиями отмечены линии электропередачи, соединяющие подстанции, голубыми линиями изображены отпайки.

Визуализация данных по электропотреблению представлена в виде OLAP-куба (рис. 4). OLAP-куб – многомерный, долговременно хранимый массив данных техноценоза по электропотреблению, используемый в процессе интерактивного анализа энергоэффективности. Подобный инструмент может быть реализован на основе универсальных реляционных СУБД или в рамках специализированного программного обеспечения. Индексам массива соответствуют измерения или оси куба, а значениям элементов массива – так называемые, меры куба. В отличие от обычного массива в языках программирования, доступ к элементам OLAP-куба может осуществляться как по полному набору индексов (измерений), так и по их подмножеству. При этом результатом будет не один элемент, а их множество, являющееся аргументом агрегирующей функции. В OLAP-кубе данных по электропотреблению можно выделить ряд структурных элементов, в частности: цифровой двойник техноценоза, цифровой вектор ранга (объекта), цифровой срез техноценоза, цифровой двойник ранга техноценоза, цифровой двойник объекта техноценоза.

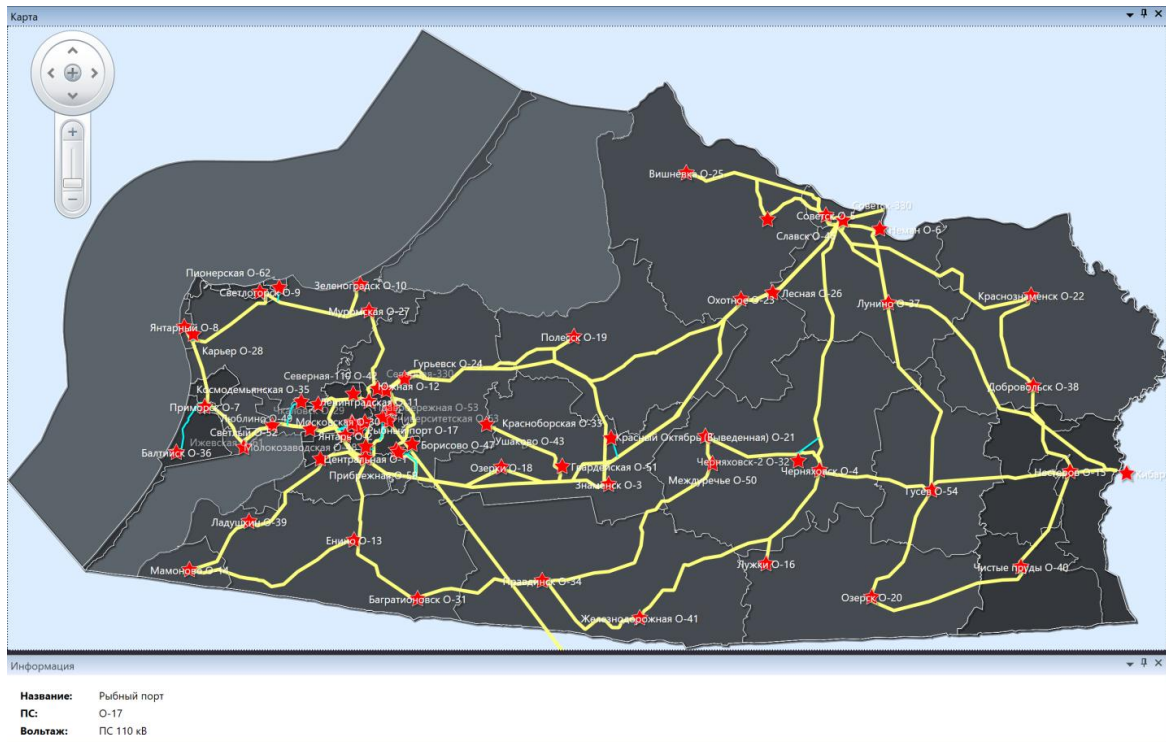


Рис. 3. Интерактивная карта припортового электротехнического комплекса Калининградской области

Цифровой двойник техноценоза – постоянно меняющийся под воздействием программного функционала цифровой профиль, содержащий актуальное хранилище цифровых двойников электропотребления, кубированных в кортеж цифровых векторов рангов (объектов). При этом, под программным функционалом техноценоза понимается кортеж преобразователей и агрегаторов, предназначенных для реализации статической, динамической и бифуркационной моделей, а также процедуры обратной адаптации на OLAP-кубе данных техноценоза по электропотреблению.

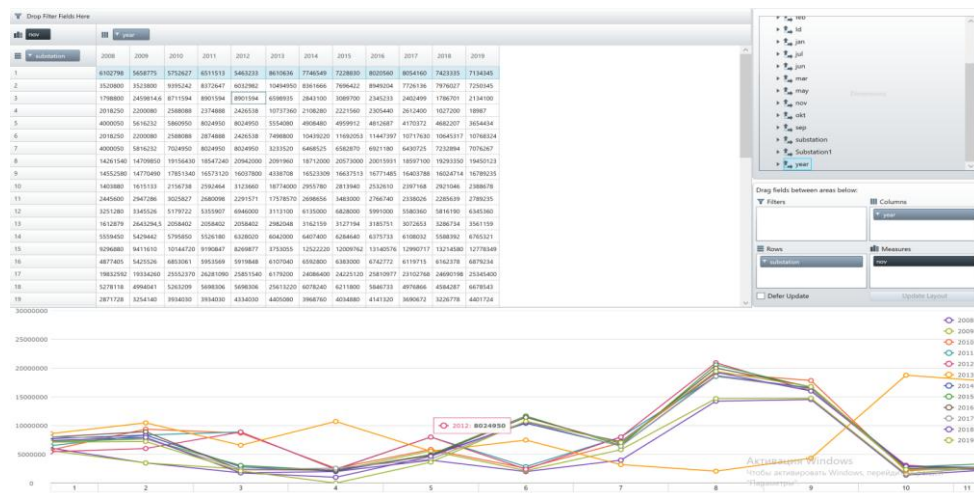


Рис. 4. Визуализация OLAP-куба

Под цифровым двойником обычно подразумевается виртуальная модель реального физического объекта или процесса, которая, по сути, представляет собой сложную математическую модель, позволяющую с высокой точностью описывать поведение реального физического объекта или системы, а также технологического / производственного процесса или сервисов. За счет применения цифрового двойника становится возможным сосредоточить основную долю изменений и затрат на стадии проектирования. Это позволяет сократить издержки, возникающие на остальных этапах жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк В.И. Техника, техносфера, энергосбережение [Сайт] // Электрон. дан. Режим доступа: <http://www.gnatukvi.ru> (дата обращения: 17.08.2020).
2. Гнатюк В.И., Шейнин А.А. Нормирование электропотребления регионального электротехнического комплекса: Экономические проблемы энергетического комплекса. – М.: ИНП РАН, 2012. – 102 с.
3. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Статья] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2012]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/index.files/zakon.pdf>, свободный.
4. Меркулов А.А. Универсальный паттерн организации ситуационных центров [Статья] / А.А. Меркулов, А.В. Колесников. – Электронные текстовые данные. – М.: [Системы и средства информатики], [2013]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/index.files/pattern.pdf>, свободный.
5. Гнатюк В.И., Луценко Д.В. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса: Экономические проблемы энергетического комплекса. – М.: Изд-во ИНП РАН, 2013. – 107 с.
6. Гнатюк В.И. Потенциал энергосбережения техноценоза [Трактат] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2013]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/index.files/potential.pdf>, свободный.
7. Гнатюк В.И. Философские основания техноценологического подхода [Монография] / В.И. Гнатюк. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: http://gnatukvi.ru/mono_pdf/text.pdf.
8. Гнатюк В.И. и др. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса. – Калининград: КГТУ, 2015. – 106 с.
9. Луценко Д.В. Комбинаторная теория ранговой динамики [Трактат] / Д.В. Луценко. – Первое издание. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2018]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ktrd.pdf>, свободный.
10. Кивчун О.Р. Векторный ранговый анализ [Трактат] / О.Р. Кивчун. – Первое издание. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во Калининградского инновационного центра «Техноценоз»], [2019]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/vran.pdf>, свободный.
11. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.
12. А. Боровков Определение, разработка и применение цифровых двойников [Журнал] 2 №2 2019 Цифровая подстанция – Режим доступа: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/12_december/09/cifrovye_dvyinii.pdf
13. Е. Грабчак «Цифровые двойники» и «Цифровые тени» в электроэнергетике [Журнал] 2 №2 2019 Цифровая подстанция – Режим доступа: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2019/12_december/09/cifrovye_dvyinii.pdf

DIGITAL DOUBLE OF THE KALININGRAD REGION'S PORT ELECTRICAL COMPLEX

¹Petrenko Evgeniy Vladimirovich, lead specialist of Technopark

²Morozov Dmitriy Gennadievich, Researcher

¹FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: petrenkoe@hotmail.com

²LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",
Kaliningrad, Russia, e-mail: morozov@dmitry.by

The article considers a software and hardware complex that includes elements of a digital double in terms of power consumption. It is based on a model of the process of power consumption of objects of the port electrical complex of the Kaliningrad region, which, in fact, is a set of calculation and graphical modules that allow describing its behavior with high accuracy, as well as the technological or production process, services.

КРИТЕРИАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

¹Шейнин Александр Анатольевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

²Косенков Олег Николаевич, канд. пед. наук, доцент кафедры физической культуры

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,

Калининград, Россия, e-mail: sheynin@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: kosenkov.oleg@mail.ru

Основной причиной развития неинфекционных заболеваний является нарушение энергетического баланса человеческого организма. В статье описывается критериально-алгоритмическая система цифровой платформы управления энергетическим балансом человеческого организма. Оптимизацию системы предлагается осуществлять с использованием методологии рангового анализа, на основе которого разработаны математический аппарат и алгоритмы системы поддержания энергетического баланса.

Здоровый образ жизни (ЗОЖ) – образ жизни человека, направленный на сохранение здоровья, профилактику болезней и укрепление человеческого организма в целом. Здоровье человека на 60 % и более зависит от образа жизни [3]. Неполноценное питание и отсутствие физической активности, повышают риск развития неинфекционных заболеваний (НИЗ). НИЗ – группа нарушений здоровья (сердечно-сосудистые заболевания, онкологические заболевания, диабет, хронические респираторные болезни и психические расстройства и другие) [3]. В 2016 году во всем мире на НИЗ пришлось 71 % случаев смерти (41 млн. человек) [3].

Основной причиной развития заболеваний, в том числе НИЗ, является энергетический дисбаланс организма. Это происходит, когда в организм поступает больше энергии с пищей, чем это необходимо. При чрезмерном потреблении пищи и пассивном образе жизни с минимальной или совсем отсутствующей физической активностью появляется избыточная масса тела, а затем развивается ожирение с последующими осложнениями в виде НИЗ, заболеваний опорно-двигательного аппарата и других.

Энергетический баланс – состояние равновесия между энергией, поступающей с пищей, с одной стороны, и затратами энергии на различные процессы жизнедеятельности организма, с другой. Соответственно, энергетический дисбаланс организма – это нарушение состояния равновесия.

В [3] описан энергетический баланс человеческого организма в началах термодинамики и это позволило сделать вывод, что выполнение закона сохранения энергии и закона возрастания энтропии позволят поддерживать энергетический баланс.

Теперь сформулируем закон энергетического баланса человеческого организма, который гласит, что в организме человека неотвратно действуют первое и второе начала термодинамики – законы сохранения энергии и возрастания энтропии замкнутых систем (рис. 1).

Начала термодинамики определяют условия, первое из которых констатирует неизменность совокупного параметрического ресурса организма при потреблении и расходе энергии в любой фиксированный момент времени, а второе – задает принцип максимизации энтропии организма, естественно развивающегося в направлении оптимального (наиболее устойчивого, наилучшего) состояния [1,2].

Закон сохранения энергии задает равновесное состояние между энергией, поступающей с пищей, с одной стороны, и ее затратами на все виды деятельности человека, с другой стороны.

Закон возрастания энтропии определяет: оптимальное поступление энергии от пищи, которое заключается в максимально возможном разнообразии видов пищевых продуктов, суммарная калорийность которых равномерно распределена по популяциям всех видов пищевых продуктов; оптимальные затраты энергии от всех видов деятельности, которые заключаются в максимально

возможном разнообразии физических движений, энергетические затраты на выполнение которых характеризуется равномерным распределением энергии по популяциям всех видов движений.



Рис. 1. Закон энергетического баланса человеческого организма

При потреблении энергии наращивание количества видов пищевых продуктов в рационе строго ограничено условием равенства совокупной калорийностью рациона, выделенной, с одной стороны, на первый, а с другой – на последний виды пищевых продуктов.

При расходе энергии наращивание количества видов движений в двигательной активности строго ограничено условием равенства совокупного параметрического ресурса (расход калорий), выделенного, с одной стороны, на первый, а с другой – на последний виды физических движений.

Из закона оптимального поддержания баланса вытекают принципы оптимального питания и физической активности (оптимальных энергозатрат) [4-7].

Принцип оптимального питания – задает такой набор пищевых продуктов, который, с одной стороны, по своей суммарной калорийности обеспечивает суточную потребность организма, а с другой – характеризуется максимальной энтропией, то есть совокупная калорийность равномерно распределена по группам пищевых продуктов различной калорийности [4,5].

Принцип оптимальных энергозатрат – определяет такую двигательную активность, которая, с одной стороны, по своим суммарным затратам обеспечивает суточную потребность, а с другой – характеризуется максимальной энтропией, то есть суммарные энергетические затраты (в калориях) равномерно распределены по группам энергозатрат различной интенсивности [6,7].

Иными словами, для того, чтобы быть здоровым, необходимо:

1. При потреблении энергии (питание): соблюдать суточную энергетическую норму потребления (закон сохранения энергии) при максимальном разнообразии пищевых продуктов (принцип максимума энтропии).

2. При расходе энергии (физическая активность): соблюдать суточную энергетическую норму расхода (закон сохранения энергии) при максимальном разнообразии движений (принцип максимума энтропии).

Энергетический баланс организма – это баланс между потреблением и расходом энергии организмом, при котором суммарный энергетический ресурс потребления и расхода энергии равномерно распределен по популяциям элементов систем питания и физической активности.

Управление энергетическим балансом человеческого организма – систематическое соблюдение закона энергетического баланса посредством индивидуальных программ питания и физической активности. Для управления энергетическим балансом человеческого организма необходима система уравнений данного закона.

Закон сохранения энергии задает параметрическую связанность систем питания и двигательной активности, заключающуюся в том, что их совокупный параметрический ресурс (калорийность) исчерпывается только в том случае, если рассмотрен весь континуум как видообразующих, так и функциональных параметров, а любое изменение видообразующих параметров пищевых продуктов и физических нагрузок, неизбежно сопряжено с равнозначным изменением функционального состояния человека. Закон возрастания энтропии определяет, что оптимальными являются такие системы питания и двигательной активности, которые при наибольшем возможном разнообразии видов характеризуются равномерным распределением совокупного параметрического ресурса по популяциям всех видов пищевых продуктов и физических нагрузок. Начала термодинамики задают в данных системах свертываемость континуума ранговых параметрических распределений особей к ранговому видовому распределению систем в целом, определяющую механизм оптимизации (оптимального управления), включающий процедуры номенклатурной и параметрической оптимизации (при самодостаточности каждой из них, будучи реализованных по отдельности). Условия теоретически оптимального состояния систем питания и двигательной активности представляет собой систему интегро-дифференциальных уравнений (1), математически описывающих упомянутые выше законы термодинамики в понятиях ценологического подхода [1,2].

Система (1), включающая пять подсистем, состоит из восьми уравнений и шести неравенств. В данной системе первые два уравнения являются основными, образуют систему из двух уравнений и представляют собой математическую формулировку действия первого и второго начал термодинамики в исследуемой системе энергетического баланса человеческого организма.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \left\{ \begin{array}{l}
 W_{in}^{\Sigma} = W_{ot}^{\Sigma}; \\
 H_{in} \cdot H_{ot} \rightarrow \max;
 \end{array} \right. \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 W_{in}^{\Sigma} = \int_0^{\infty} (W_{in}(x_1) + W_{in}^*(x_1)) dx_1; \\
 W_{ot}^{\Sigma} = \int_0^{\infty} (W_{ot}(x_2) + W_{ot}^*(x_2)) dx_2;
 \end{array} \right. \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 H_{in} = - \sum_{j=1}^{n_{in}} \left(\frac{W_{inj}}{W_{in}^{\Sigma}} \ln \left(\frac{W_{inj}}{W_{in}^{\Sigma}} \right) \right); \\
 H_{ot} = - \sum_{j=1}^{n_{ot}} \left(\frac{W_{otj}}{W_{ot}^{\Sigma}} \ln \left(\frac{W_{otj}}{W_{ot}^{\Sigma}} \right) \right);
 \end{array} \right. \\
 \left(\sum_{i=1}^{m_{in}} \left(\sum_{j=1}^{k_{in}} (\Lambda_{in}(r_{inij}) \cdot W_{in}(r_{inij})) \right) \right) = const; \\
 \left(\sum_{i=1}^{m_{ot}} \left(\sum_{j=1}^{k_{ot}} (\Lambda_{ot}(r_{otij}) \cdot W_{ot}(r_{otij})) \right) \right) = const; \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 V_{1min} \leq V_1 < V_{1max}; \\
 V_{2min} \leq V_2 < V_{2max}; \\
 V_{bmin} \leq V_b < V_{bmax}; \\
 T_{1min} \leq T_1 < T_{1max}; \\
 T_{2min} \leq T_2 < T_{2max}; \\
 T_{pmin} \leq T_p < T_{pmax};
 \end{array} \right.
 \end{array} \right. \quad (1)$$

где

W_{in}^{Σ} – потребленная суммарная калорийность (потребление энергии), необходимая для обеспечения основного обмена и всех видов деятельности человека;

W_{ot}^{Σ} – потраченная суммарная калорийность (расход энергии) на все

- виды деятельности человека (основной обмен и физические нагрузки);
- H_{in} – энтропия системы питания;
- H_{ot} – энтропия системы двигательной активности;
- x_1 и x_2 – непрерывные аналоги параметрического ранга;
- $W_{in}(x_1)$ – ресурс (в калориях), необходимый для обеспечения основного обмена;
- $W_{in}^*(x_1)$ – ресурс (в калориях), необходимый для обеспечения физических нагрузок;
- $W_{ot}(x_2)$ – ресурс (в калориях), который расходуется на обеспечение основного обмена;
- $W_{ot}^*(x_2)$ – ресурс (в калориях), который расходуется на физические нагрузки (тренировки);
- $j = [1; \infty)$ – индекс (номер) параметра;
- n_{in} – номер по порядку касты системы питания;
- n_{ot} – номер по порядку касты системы двигательной активности;
- W_{inj} – совокупный параметрический ресурс для j-го вида системы питания;
- W_{otj} – совокупный параметрический ресурс для j-го вида системы двигательной активности;
- m_{in} – количество каст в системе питания;
- k_{in} – количество элементов в j-ой касте системы питания;
- m_{ot} – количество каст в системе двигательной активности;
- k_{ot} – количество элементов в j-ой касте системы двигательной активности;
- r_{ij} – параметрический ранг, который вводится для i-ых элементов j-ой касты систем питания двигательной активности;
- $\Lambda_{in}(r_{inij})$ – количество элементов i-го вида j-ой касты в системе питания;
- $\Lambda_{ot}(r_{otij})$ – количество элементов i-го вида j-ой касты в системе двигательной активности;
- $W_{in}(r_{inij})$ – калорийность потребленной энергии элементов системы питания j-ой касты;
- $W_{ot}(r_{otij})$ – калорийность затраченной энергии элементов двигательной активности j-ой касты;
- $V_{bmin} \leq V_b < V_{bmax}$ – диапазон нормы потребления одного из необходимых биологически значимых b-го элемента для конкретного человека;
- $T_{pmin} \leq T_p < T_{pmax}$ – диапазон нормы физической нагрузки одной из тренировочных p-ой зоны, рекомендуемой по медицинским показателям.

Первое уравнение является математической записью закона сохранения энергии (первого начала термодинамики) и показывает баланс между суммарной калорийностью потребленной энергии W_{in}^{Σ} , с одной стороны, и суммарной калорийностью расхода энергии на все виды деятельности W_{ot}^{Σ} – с другой. Второе уравнение показывает действие принципа максимума энтропии (второго начала термодинамики) и представляет собой математическую запись, в которой для достижения максимального положительного эффекта должно максимизировать произведение двух энтропий H_{in} и H_{ot} . Первая энтропия определяет структуру системы питания, вторая – определяет структуру двигательной активности.

Перейдем ко второй подсистеме, состоящей из двух интегральных уравнений. Первое уравнение второй подсистемы показывает, что потребленная суммарная калорийность W_{in}^{Σ} состоит из двух составляющих: $W_{in}(x_1)$ – калорийности системы питания, необходимой для обеспечения основного обмена и всех видов деятельности человека и $W_{in}^*(x_1)$ – калорийности, необходимой

только для обеспечения специально организованных физических нагрузок. Второе уравнение показывает, что расходуемая суммарная калорийность W_{ot}^{Σ} тратится на $W_{ot}(x_2)$ – основной обмен и все виды деятельности человека и на $W_{ot}^*(x_2)$ – специально организованные физические нагрузки.

Третья подсистема включает в себя выражения двух энтропий. Энтропия потребления энергии H_{in} определяется как сумма (по всем видам) произведений вероятности в системе питания j -го параметрического состояния $\frac{W_{inj}}{W_{in}^{\Sigma}}$ на меру параметрического разнообразия популяции данного вида $-\ln\left(\frac{W_{inj}}{W_{in}^{\Sigma}}\right)$. Энтропия расхода энергии H_{ot} определяется как сумма (по всем видам) произведений вероятности в системе двигательной активности j -го параметрического состояния $\frac{W_{otj}}{W_{ot}^{\Sigma}}$ на меру параметрического разнообразия популяции данного вида $-\ln\left(\frac{W_{otj}}{W_{ot}^{\Sigma}}\right)$.

Первое уравнение четвертой подсистемы показывает, что совокупность элементов $\Lambda_{in}(r_{inij})$, входящих в состав m_{in} касты, имеют суммарную калорийность $W_{in}(r_{inij})$, одинаковую для всех каст системы питания. Второе уравнение показывает, что совокупность элементов $\Lambda_{ot}(r_{otij})$, входящих в состав m_{ot} касты, имеют суммарную калорийность $W_{ot}(r_{otij})$, одинаковую для всех каст системы двигательной активности. Уравнения четвертой подсистемы являются следствием закона энергетического баланса человеческого организма и представляют собой теоретическую основу прикладных методик оптимального питания и двигательной активности.

Пятая подсистема задает ограничения для закона энергетического баланса человеческого организма. Первые три неравенства говорят о том, что в системе питания потребляемая энергия W_{in}^{Σ} , обеспечивающая основной обмен и все виды деятельности человека, должна включать в себя все необходимые для каждого конкретного человека биологически значимые элементы (макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы). Разнообразие (общее количество) данных элементов задается параметром b . При этом количество каждого элемента в отдельности должно находиться в диапазоне, рекомендуемом по медицинским показателям. Последние три неравенства показывают, что в системе двигательной активности должны быть обязательные, специально организованные физические нагрузки (тренировки) $W_{ot}^*(x_2)$, которые регламентируются исходя из медицинских показателей в пределах r -го количества тренировочных зон. Например, в данном исследовании имеется четыре r -ые тренировочные зоны: анаэробная, пороговая, аэробная и средняя. При этом каждая из этих зон имеет свой минимальный и максимальный диапазон.

Итак, постулируется выполнение начал термодинамики и стремление систем питания и двигательной активности к состоянию «минимакса», которое максимизирует положительный эффект при минимальных затратах (психологических в питании и временных в тренировках) на его достижение. Максимальная дисимметрия распределения видообразующих параметров между элементами систем питания и двигательной активности (задается оптимальной формой ранговых параметрических распределений) позволяет добиваться максимального положительного эффекта в процессах питания и тренировок конкретного человека (состояние «-макс»). В свою очередь максимальная равномерность распределения суммарной калорийности между популяциями в системах питания и двигательной активности обеспечивает максимальное разнообразие пищевых продуктов и интенсивности физических нагрузок. Это в свою очередь приводит к минимальным затратам на реализацию рациона питания и временные затраты на тренировочный процесс (состояние «-мини»).

Тем самым закон энергетического баланса человеческого организма задает органичное соотношение между количественными и качественными показателями:

- пищевых продуктов (в системе питания), составляющих номенклатуру рациона, между низко-, средне- и высококалорийными продуктами;
- физических нагрузок (в системе двигательной активности), составляющих программу тренировок, между низко-, средне- и высокоинтенсивными упражнениями.

Соблюдение закона энергетического баланса человеческого организма создаст предпосылки к уменьшению риска НИЗ [3]. С целью прикладной реализации закона разработаны методики управления рационом питания и управления двигательной активностью [4-7].

Рассмотрим вытекающие из системы уравнений закона энергетического баланса человеческого организма алгоритмы оптимизации систем питания и двигательной активности (рис. 2 и 3).

Алгоритм оптимизации системы питания включает в себя одновременную реализацию двух взаимосвязанных процедур: во-первых, номенклатурную оптимизацию системы (рис. 2), которая определяет требуемую форму рангового видового распределения (с учетом заданных базовых видов), и, во-вторых, параметрическую оптимизацию на уровне видов элементов системы (рис. 3), которая определяет пути и методику приведения видового распределения реально существующей системы питания к уже известной требуемой форме [3].

Номенклатурная и параметрическая оптимизация системы питания могут реализовываться совместно или автономно. Представляется, что более эффективной является их совместная реализация в синтетической методологии – параметрическом синтезе, теоретические основы которой показаны в [1,3]. Суть в данной методологии заключается в совместном использовании ранговых видовых и ранговых параметрических распределений, построенных по энергетической ценности (видообразующий параметр). Данные распределения строятся на одной плоской номограмме во взаимосвязанной четырехквadrантной системе координат [1], а объединяет их фундаментальная зависимость между видовым и параметрическим рангами системы.

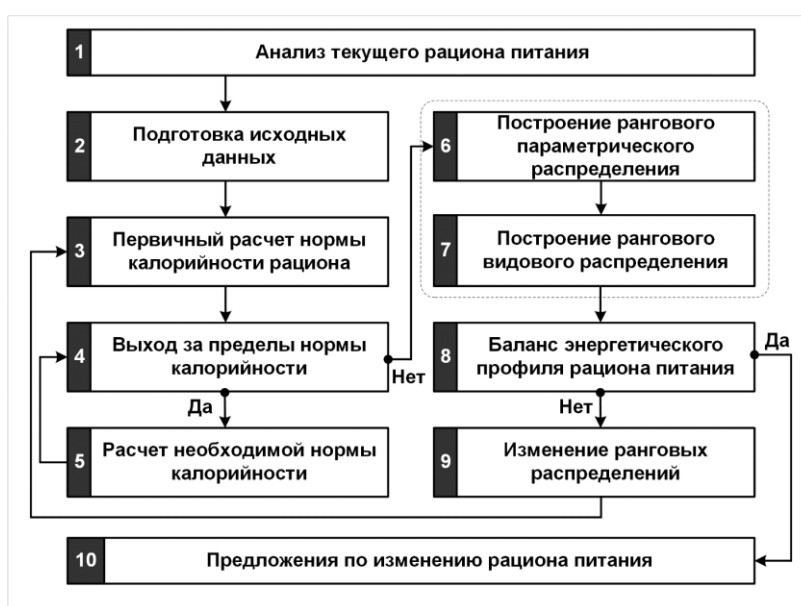


Рис. 2. Алгоритм номенклатурной оптимизации системы питания

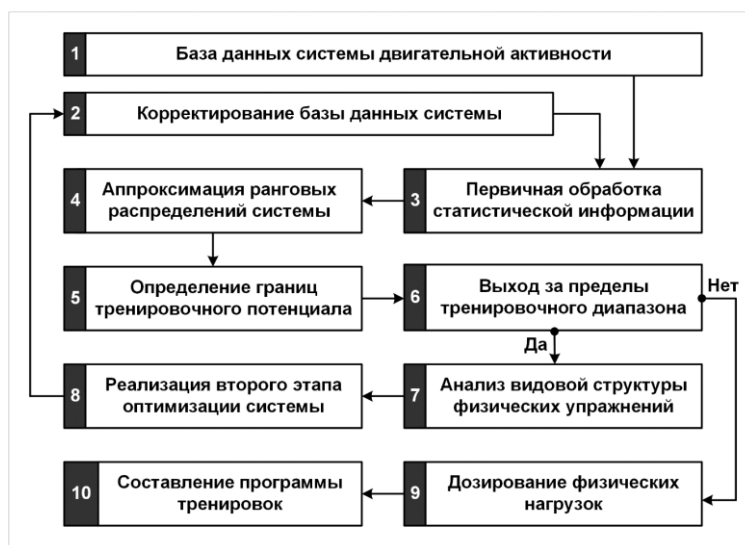


Рис. 3. Алгоритм параметрической оптимизации системы двигательной активности по функциональным параметрам

Теперь рассмотрим этапы алгоритма оптимизации системы двигательной активности. Алгоритм на данном этапе включает (рис. 3): создание базы данных (БД) по частоте сердечных сокращений (далее ЧСС, используется как видеообразующий параметр), первичную обработку ЧСС, аппроксимацию ранговых распределений ЧСС, определение границ тренировочного потенциала.

При выходе значений физической нагрузки за пределы тренировочного потенциала производится структурная перестройка физических упражнений, которая также реализуется посредством номенклатурной или параметрической оптимизации. На основании данной оптимизации осуществляется дозирование физической нагрузки. БД системы двигательной активности регулярно корректируется, а при поступлении новых данных цикл повторяется. Описанные выше алгоритмы входят в состав системы поддержания энергетического баланса, которая подробно рассматривается в [3].

Таким образом, впервые сформулирован закон энергетического баланса человеческого организма, который гласит, что в организме человека неотвратимо действуют законы сохранения энергии и возрастания энтропии замкнутых систем. На основе закона сформулированы принципы оптимального питания и физической активности [4-7].

На основе закона и принципов составлена система интегро-дифференциальных уравнений, включающая пять подсистем и состоящая из восьми уравнений и шести неравенств. В данной системе первые два уравнения являются основными, они представляют собой математическую формулировку действия первого и второго начал термодинамики в исследуемой системе энергетического баланса человеческого организма.

На основе системы уравнений закона энергетического баланса человеческого организма разработаны алгоритмы оптимизации систем: номенклатурной оптимизации системы питания и параметрической оптимизации системы двигательной активности [3]. Непосредственно на базе алгоритмов разработаны методики управления рационом питания [4,5] и двигательной активности [6,7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. – 896 с. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.
2. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин; – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
3. Шейнин, А.А. Закон энергетического баланса человеческого организма: Трактат о здоровье. – Калининград: КИЦ «Техноценоз», 2020. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/troz.pdf>, свободный.
4. Шейнин, А.А. Математическая модель оценки баланса энергетической ценности рациона питания экипажей судов рыбопромыслового флота / О.Я. Мезенова, А.А. Шейнин // Морские интеллектуальные технологии. – М.: Научно-исследовательский центр «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 4 (46), т. 4. – С. 161 – 165. – Web of Science.
5. Шейнин, А.А. Методика подбора рациона питания путем расчета его энергетической ценности с использованием рангового анализа / О.Я. Мезенова, А.А. Шейнин // Материалы VII Международного Балтийского морского форума 2019 года. – Калининград.: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». – 2019. – [Электронный ресурс], т. 4. – С. 152 – 165.
6. Шейнин, А.А. Методика оценки двигательной активности спортсмена на основе рангового анализа / А.В. Бугаев, И.Г. Виноградов, А.А. Шейнин // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта». – Санкт-Петербург: Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – 1(179), – С.343 – 352.
7. Шейнин, А.А. Управление двигательной активностью морских специалистов в рейсе с использованием интеллектуальных технологий / В.И. Гнатюк, А.А. Зайцев, А.А. Шейнин // Морские интеллектуальные технологии. – М.: Научно-исследовательский центр «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 4 (46), т. 4. – С. 88 – 93. – Web of Science.

CRITERIAL-ALGORITHMIC SYSTEM OF THE DIGITAL HUMAN ORGANISM ENERGY BALANCE MANAGEMENT PLATFORM

¹Sheynin Alexander Anatolevich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

²Kosenkov Oleg Nikolaevich, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor of the Department of physical culture

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",
Kaliningrad, Russia, e-mail: sheynin@mail.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: kosenkov.oleg@mail.ru

The main reason for the development of noncommunicable diseases is a violation of the energy balance of the human body. The article describes the criteria-algorithmic system of a digital platform for managing the energy balance of the human body. The optimization of the system is proposed to be carried out using the methodology of rank analysis, on the basis of which the mathematical apparatus and algorithms of the energy balance maintenance system are developed.

УДК 519.876.5; 612.395.12; 613.2.038; 796.015.62

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

¹Шейнин Александр Анатольевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

²Косенков Олег Николаевич, канд. пед. наук, доцент кафедры физической культуры

¹ООО Калининградский инновационный центр «Техноценоз»,
Калининград, Россия, e-mail: sheynin@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: kosenkov.oleg@mail.ru

Основной причиной развития неинфекционных заболеваний является нарушение энергетического баланса человеческого организма. В статье описывается цифровая платформа поддержания энергетического баланса человеческого организма. Система поддержания баланса является комплексным решением для всестороннего обеспечения здоровья. Она является мощным профилактическим инструментом неинфекционных заболеваний. Работу системы можно свести к двум основным шагам: приведение человека к оптимальному весу и дальнейшее поддержание баланса для установившегося веса. Все это достигается с помощью программ питания и тренировок, которые сопровождаются медицинской диагностикой.

Цифровая платформа поддержания энергетического баланса человеческого организма является комплексным решением для всестороннего обеспечения здоровья [3]. Данная платформа (система) является мощным профилактическим инструментом неинфекционных заболеваний (НИЗ). Система основана на пересечении нескольких научных направлений, таких как: физиология, медицина, наука питания, фитнес и спорт, физика, математика, IT-технологии, технетика [1, 2], анализ больших объемов данных, кибернетика. Синергия направлений создает поистине потрясающие возможности не только для профилактики болезней, но и для улучшения качества жизни человека. Работу системы можно свести к двум основным шагам: приведение человека к оптимальному весу и дальнейшее поддержание баланса для установившегося веса. Все это достигается с помощью программ питания и тренировок [3-7], которые сопровождаются медицинской диагностикой.

На рисунке 1 представляется обобщенная схема системы поддержания баланса. Система включает в себя: базу данных (БД), аналитический модуль, расчетные модули активности и питания. На схеме также представлены процессы планового питания и активности, которые имеют информационные потоки между подсистемами поддержания баланса [3].

Аналитический модуль предназначен для анализа исходных данных самим человеком: определения текущего состояния и целей по здоровью. На этом этапе проводится медицинская диагностика для учета противопоказаний при составлении программ питания и активности. Также осуществляется первичный сбор данных частоты сердечных сокращений (ЧСС): суточные данные ЧСС типового дня и дня, когда есть тренировка. Предварительный расчет калорийности проводится для определения суточной потребности энергии. Следует отметить, что этапы аналитического модуля отрабатываются регулярно с целью оценки динамики изменений в организме человека. Так, например, медицинская диагностика может проводиться раз в квартал или полгода. Это позволит на основании анализов отслеживать динамику внутренних процессов организма после прохождения программ питания и активности. Кроме того, меняются цели человека. К примеру, после цели похудения, следует цель удержания текущего веса, а также возможен пересмотр тренировочной программы для улучшения рельефа тела и т.д. Данные аналитического модуля заносятся в БД и используются в расчетных модулях питания и активности. БД включает в себя данные всех модулей системы поддержания баланса (рис. 1). В нее записываются физиологические показатели, полученные из аналитического модуля и данные, полученные в процессе питания и активности по программам потребления пищевых продуктов и ЧСС [3].

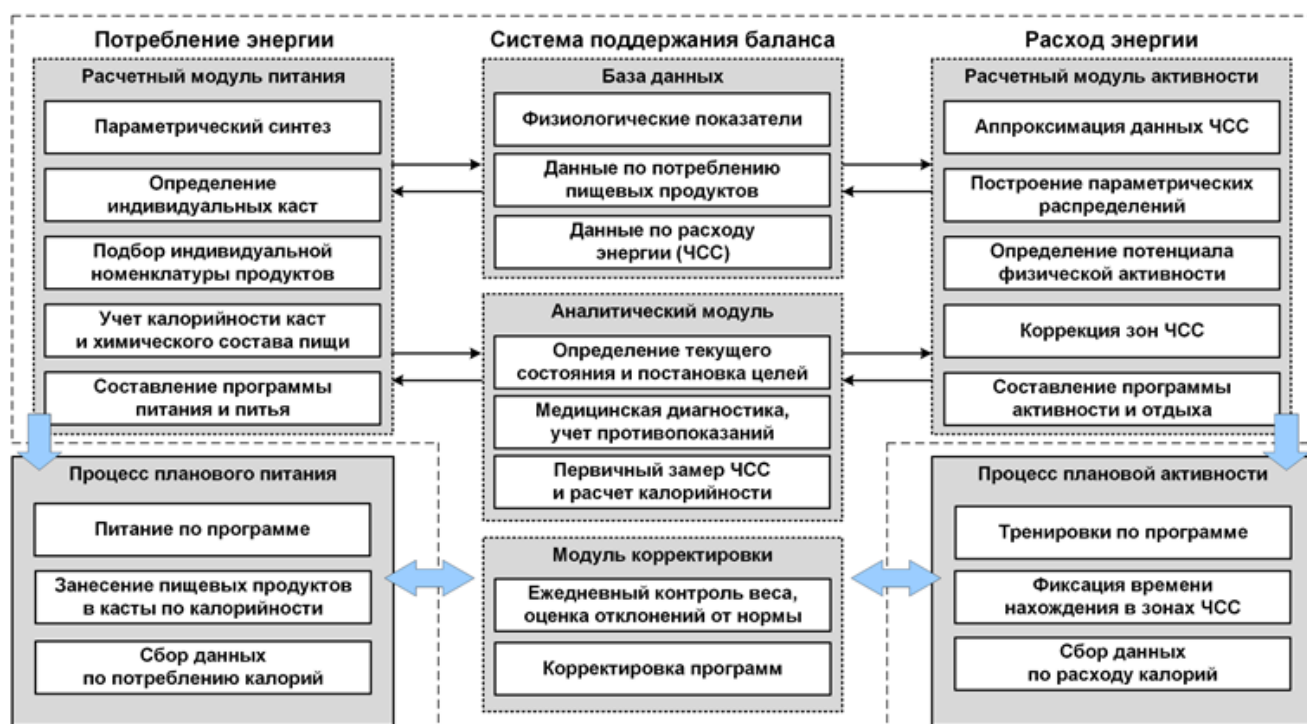


Рис. 1. Схема системы поддержания энергетического баланса

Расчетный модуль питания предназначен для определения индивидуального профиля питания [4, 5]. Профиль питания задает калорийность индивидуальных каст [3], что, в свою очередь, обеспечивает удовлетворение потребностей в энергии и разнообразие продуктов питания. Результатом расчетного модуля является составление программы питания и питья. Расчетный модуль активности предназначен для обработки данных ЧСС, аппроксимации значений ЧСС и определения индивидуальных норм физической нагрузки [6, 7]. Индивидуальные нормы физической нагрузки обеспечивают необходимый и достаточный расход энергии и задают разнообразие физической активности. Результатом данного расчетного модуля является программа тренировок и отдыха.

Модуль корректировки необходим для ежедневного контроля веса, оценки отклонений от заданных норм и корректировки программ питания и активности. Контроль веса необходим для отслеживания нарушения энергетического баланса (незапланированного повышения или пониже-

ния веса). В случае подобного нарушения, в программы вносятся изменения. Оценка отклонений от норм позволяет оценить разнообразие питания и интенсивность физической нагрузки.

Питание и тренировки осуществляются в соответствии с программами [3-7]. Тренирующийся планирует свое расписание с учетом данных программ и непосредственно выполняет предписания. При этом в своем рационе питания он ориентируется на касты профиля и индивидуальную БД пищевых продуктов, а в тренировках ориентиром выступает время нахождения в зонах ЧСС. В процессе планового питания и активности сам тренирующийся заносит данные о съеденной пище за день в приложение в соответствии с кастами профиля и выгружает данные ЧСС с «умных» часов (фитнес-трекера) на сервер (либо выгрузка происходит автоматически при синхронизации часов с телефоном). Далее специалисты системы поддержания энергетического баланса ежедневно сравнивают ключевые показатели с плановыми. При необходимости дают рекомендации и вносят коррективы в программы.

Пример результатов поддержания энергетического баланса в течение недели показан в таблице 1. Таблица состоит из трех колонок: потребления энергии, расхода энергии и веса.

Таблица 1

Результаты поддержания энергетического баланса

День недели	Потребление энергии									Расход энергии						Вес, кг	
	Вода, л	Касты пищевых продуктов, ккал							Итого, ккал	Тип физической активности	Нахождение в зонах ЧСС, уд/мин, мин						
		от 0 до 50	от 50 до 100	от 100 до 200	от 200 до 300	от 300 до 400	от 400 до 600	свыше 600			до 109	Тренировочные зоны ЧСС					
												от 110 до 130	от 131 до 148	от 149 до 167	от 168 до 185		Итого, мин
Пн	1,5	350	306	356	376	357	380	350	2475	Бег, фитнес	1405	22	7	4	2	35	85,0
Вт	1,3	240	300	350	400	300	280	230	2100	–	1440	–	–	–	–	–	85,3
Ср	1,6	325	320	345	315	350	340	380	2375	Бег, фитнес	1404	25	8	3	–	36	84,9
Чт	1,4	250	270	330	300	320	330	320	2120	–	1440	–	–	–	–	–	85,2
Пт	1,5	340	330	315	380	340	350	345	2400	Бег, фитнес	1409	20	7	3	1	31	85,1
Сб	1,2	310	290	315	285	280	340	290	2110	–	1440	–	–	–	–	–	84,8
Вс	1,2	315	350	340	320	310	310	290	2235	Плавание	1420	15	5	–	–	20	85,0

В графу «Потребление энергии» заносятся суммарные данные калорийности каст пищевых продуктов, а также количество выпитой воды. В графу «Расход энергии» заносятся временные данные нахождения в различных зонах ЧСС, а также тип физической активности, который обеспечил нахождение в зонах ЧСС. Графа «Вес» необходима для контроля энергетического баланса. Калорийность рациона в дни без тренировок ниже, чем в дни, когда есть тренировка. В приведенном примере видно, что вес находится в рамках допустимых границ, что соответствует цели тренирующегося – поддержание текущего веса. Приведенная выше система обеспечивает выполнение закона энергетического баланса человеческого организма и обладает свойством эмерджентности. Все это приводит к поддержанию уровня здоровья в пиковом состоянии, улучшению качества жизни, уменьшению вероятности появления НИЗ и т.д. Систематическое следование предписаний системы создает предпосылки для активного долголетия.

Для восприятия системы самими обучающимися разработана упрощенная схема достижения энергетического баланса (рис. 2). Схема включает три компонента: технология, понимание, действие. «Технология» включает в себя сбор и обработку данных (калории и ЧСС), а также методику (ранговый анализ), которая позволяет получить научно-обоснованные программы питания и тренировок. «Понимание» состоит из знаний о технологии, которая приводит к результату. Так как для достижения целей можно подобрать для тренирующегося предпочтительные рацион питания и программу тренировок, то это создаст положительное эмоциональное состояние. К третьей компоненте «Действие» у тренирующегося имеется информация о научно-обоснованной технологии, процесс выполнения которой вызывает положительные эмоции и ведет к поставленным целям. Поэтому тренирующемуся нет смысла не делать.

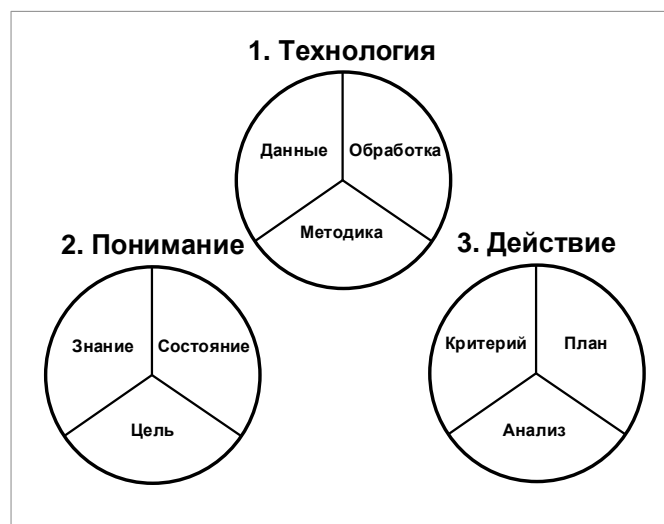


Рис. 2. Краткая схема достижения результата

Компонента «Действие» усиливается планом выполнения программ питания и тренировок, которые включают в себя критерии в виде каст калорийности и зон ЧСС. В ходе анализа происходит оценка динамики прогресса с возможной корректировкой программ. Информация анализа направляется в компоненту «Технология».

Таким образом, система поддержания баланса является комплексным решением для всестороннего обеспечения здоровья [3]. Данная система является мощным профилактическим инструментом НИЗ. Система основана на пересечении нескольких научных направлений, таких как: физиология, медицина, наука питания, фитнес и спорт, физика, математика, IT-технологии, технетика, анализ больших объемов данных, кибернетика. Синергия направлений создает поистине потрясающие возможности не только для профилактики болезней, но и для улучшения качества жизни человека. Работу системы можно свести к двум основным шагам: приведение человека к оптимальному весу и дальнейшее поддержание баланса для установившегося веса. Все это достигается с помощью программ питания и тренировок, которые сопровождаются медицинской диагностикой.

Программа питания основана на соблюдении принципа оптимального питания и задает такой набор пищевых продуктов, который, с одной стороны, по своей суммарной калорийности обеспечивает суточную потребность организма, а с другой – характеризуется максимальной энтропией, то есть совокупная калорийность равномерно распределена по группам пищевых продуктов различной калорийности. Разнообразие продуктов питания обеспечивается с помощью каст калорийности, которые получаются в результате моделирования подбора рациона [3].

Программа тренировок основана на принципе оптимальных энергозатрат, определяющих такую двигательную активность, которая, с одной стороны, по своим суммарным затратам обеспечивает суточную потребность, а с другой – характеризуется максимальной энтропией, то есть суммарные энергетические затраты равномерно распределены по группам энергозатрат различной интенсивности. В организм человека природой заложена разумная и разнообразная активность. В данной системе за разнообразие активности отвечают зоны ЧСС. Постоянное соблюдение человеком всего спектра ЧСС в течение дня и будет являться разумной активностью. При этом, чем вы-

ше ЧСС, тем меньше времени нужно находиться на данном пульсе и, наоборот, чем ниже ЧСС, тем дольше можно находиться в этом состоянии [3].

За счет правильно организованных и подобранных рационов питания и дозирования физической нагрузки соблюдается закон энергетического баланса человеческого организма. Соблюдая заложенные природой закономерности, можно предотвратить НИЗ, улучшить качество жизни, всегда быть на пике своего физиологического состояния [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. – 896 с. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.
2. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин; – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
3. Шейнин, А.А. Закон энергетического баланса человеческого организма: Трактат о здоровье. – Калининград: КИЦ «Техноценоз», 2020. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/troz.pdf>, свободный.
4. Шейнин, А.А. Математическая модель оценки баланса энергетической ценности рациона питания экипажей судов рыбопромыслового флота / О.Я. Мезенова, А.А. Шейнин // Морские интеллектуальные технологии. – М.: Научно-исследовательский центр «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 4 (46), т. 4. – С. 161 – 165. – Web of Science.
5. Шейнин, А.А. Методика подбора рациона питания путем расчета его энергетической ценности с использованием рангового анализа / О.Я. Мезенова, А.А. Шейнин // Материалы VII Международного Балтийского морского форума 2019 года. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». – 2019. – [Электронный ресурс], т. 4. – С. 152 – 165.
6. Шейнин, А.А. Методика оценки двигательной активности спортсмена на основе рангового анализа / А.В. Бугаев, И.Г. Виноградов, А.А. Шейнин // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта». – Санкт-Петербург: Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – 1(179), – С.343 – 352.
7. Шейнин, А.А. Управление двигательной активностью морских специалистов в рейсе с использованием интеллектуальных технологий / В.И. Гнатюк, А.А. Зайцев, А.А. Шейнин // Морские интеллектуальные технологии. – М.: Научно-исследовательский центр «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 4 (46), т. 4. – С. 88 – 93. – Web of Science.

DIGITAL PLATFORM FOR MAINTAINING THE ENERGY BALANCE OF THE HUMAN ORGANISM

¹Sheynin Alexander Anatolevich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

²Kosenkov Oleg Nikolaevich, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor of the Department of physical culture

¹LLC Kaliningrad innovation center "Technocenose",
Kaliningrad, Russia, e-mail: sheynin@mail.ru

²FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: kosenkov.oleg@mail.ru

The main reason for the development of noncommunicable diseases is a violation of the energy balance of the human body. The article describes a digital platform for maintaining the energy balance of the human body. The balance system is a comprehensive solution for comprehensive health. This system is a powerful preventive tool for noncommunicable diseases. The operation of the system can be reduced to two main steps: bringing a person to optimal weight and further maintaining balance for a steady weight. All this is achieved through nutrition programs and training, which are accompanied by medical diagnostics.

I НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

I NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS"

УДК 664.8

УЧЕТ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛОДООВОЩНЫХ КОНСЕРВОВ

Ахремчик Олег Леонидович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автоматизации технологических процессов

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»,
Тверь, Россия, e-mail: axremchic@mail.ru

Микробиологическая обсемененность рассматривается в качестве составляющей критерия управления процессом выпуска плодоовощных консервов. В пространстве состояний при выборе траектории управления учитываются скорости роста мезофильных микроорганизмов и микроорганизмов порчи. Наличие патогенных микроорганизмов не допускается. Подчеркивается необходимость дополнительных программных модулей, требующих введения результатов лабораторных анализов. При повышении обсемененности изменяется режим работы и осуществляется автоматическая мойка оборудования.

Введение

Рынок плодоовощных консервов РФ непосредственно связан с сельскохозяйственным производством и оценивается по разным источникам в диапазоне 8-10 млн. туб. При оценке перспектив развития АПК было бы неправильным игнорировать такой большой сегмент, определяемый традиционным применением физических способов консервирования. Стадии производства, реализации и потребления продуктов сельского хозяйства являются составляющими динамической системы, завязанной на конечного человека-потребителя. Главным показателем функционирования данной системы являются здоровье человека. Такой угол зрения заставляет учитывать то, что сбыт и потребление консервированных продуктов напрямую связаны с их безопасностью, основным из показателей оценки которой является микробиологическая обсемененность (МО) продукта. Внедрение цифровых технологий в процессы производства пищевой продукции сосредоточено в настоящее время в сферах программного управления и стабилизации режимных параметров при рассмотрении в качестве критериев управления технико-экономических показателей. Вопросы выпуска продукта с цифровым сертификатом качества остаются на уровне постановки задачи.

В настоящее время на территории РФ действует несколько документов, регулирующих требования к безопасности пищевой продукции: СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», технический регламент «О безопасности пищевой продукции» и др. Данные документы не отражают в полном объеме требования к новым видам пищевой продукции, иногда предъявляют избыточные требования по микробиологическим показателям [1]. При этом технологическая и нормативная документация не затрагивает вопросов управления и введения требований по МО в цифровые модели производства.

1. Режимы работы технологических линий

Как правило, исследование образцов плодоовощной продукции осуществляется на наличие микроорганизмов: Enterobacteriaceae, Escherichia-coli (общее количество), Listeriaspp (общее количество); Salmonella, Campylobacter, E.coli O157, Vibriospecies, Listeriamonocytogenes, Clostridium-perfringens, Bacillus cereus и Bacillus spp. Предотвращение наличия и роста микроорганизмов в продукте обеспечивается надлежащей мойкой оборудования, использованием качественного сырья и стабилизацией температурных режимов без задержек в ходе производственного цикла. Использование безразборной мойки с одной стороны снижает вероятность получения потенциально безопасного продукта, с другой стороны позволяет снижать себестоимость продукции.

Обобщение и анализ режимов работы линий по производству плодоовощных консервов позволяет выделить базовые стадии производства: подготовительная (включает приёмку и хранение сырья, сортировку, мойку, предварительную обработку); предварительная тепловая обработка (например, бланширование); технологические операции получения банок с продуктом (включают подготовку тары, приготовление и дозирование заливок, контроль массы, укупку); завершающая тепловая обработка (например, стерилизация); укладка в тару и хранение.

Несмотря на использование термообработки в плодоовощных консервах может содержаться остаточная микрофлора. Случаи обнаружения Clostridium botulinum в консервах промышленного производства маловероятны, поэтому потенциальная опасность для потребителя выражается в возникновении и развитии токсической инфекции после употребления консервов с содержанием Clostridium perfringens и Bacillus cereus. Оптимальная температура развития при pH 6,7-7,5: анаэроба Clostridium perfringens 45°C; аэроба Bacillus cereus 30-32°C [2]. При возможном повышении температуры в процессе хранения (на складе производителя, в торговой сети, у потребителя) данные штаммы активизируются и могут после употребления вызвать токсикоинфекцию.

В условиях стабилизации основных управляемых координат на перерабатывающих предприятиях всех форм собственности основной контроль МО плодоовощных консервов проводится перед стерилизацией и через 15 дней после хранения на складе. Контроль перед стерилизацией включает проверки общей МО и наличия спор мезофильных анаэробов. Определение общей МО проводят в каждой смене посредством отбора трех проб образца через час после начала работы перерабатывающей линии.

Выявление спор мезофильных и облигатно-анаэробных бактерий проводят: при установлении брака готовой продукции; при профилактическом микробиологическом контроле; в случае, если обсемененность превысила предельно допустимое значение.

При микробиологическом контроле готовых консервов отбирают на анализ по одной банке от каждой партии, стерилизованной в одном автоклаве. Подготовка консервов к испытанию включает 3 стадии: проверку банок на герметичность; термостатирование банок при 37° С; приготовление и отбор средней пробы из банки для микробиологического исследования.

2. Координаты пространства состояний объекта автоматизации

С точки зрения управления технологическим процессом переработки плодоовощной продукции корректировка заданий локальным системам регулирования температуры при отклонении МО перед стерилизацией и после хранения имеет большую инерционность и не может использоваться для управления в режиме реального времени. Поэтому необходимо трактовать МО как одну из координат пространства состояний объекта автоматизации, в качестве которого рассматривается цепочка производство-хранение-транспортирование.

Выделение отдельных координат объекта позволяет снизить размерность задачи синтеза наблюдателя в системе автоматизации с местными обратными связями и получить набор частных решений для оценки темпа движения системы по данным координатам. С практической точки зрения разделение общего движения системы по темпам расширяет возможности практической реализации алгоритмов управления. Нечувствительность алгоритмов наблюдения к параметрическим и внешним возмущениям позволяет использовать приближительные вычисления частной модели объекта [3]

Функционально-структурная декомпозиция системы управления производством плодоовощных консервов позволяет констатировать, что учет микробиологической обсемененности

должен быть на всех уровнях управления: финансово-хозяйственной деятельностью; производством; технологическим процессом.

При изменении режимов технологического процесса на основании данных измерений микробиологической обсемененности в системе управления активизируются дополнительные программные модули, обеспечивающие:

- отображение значений обсемененности на панели оператора с использованием интерактивных элементов мнемосхем;
- использование интерактивных элементов панели оператора для формирования и корректировки управляющих воздействий;
- отображение критического изменения состояния процесса и оборудования;
- рассылку сообщений выделенному персоналу на мобильные телефоны о критических изменениях;
- архивирование значений обсемененности;
- контроль доступа и протоколирование действий оператора.

В действующих системах управления производством плодоовощных консервов значение МО не отражается на мнемосхеме пульта оператора и не учитывается аппаратчиком при проведении стерилизации.

Рациональным представляется использование результатов микробиологического контроля в качестве составляющих критерия управления производством. Используя данные уровней планирования и контроля, система управления обеспечивает текущую производственную деятельность в соответствии с заказами, требованиями технологических инструкций, состоянием оборудования. На данном уровне управления предлагается введение дополнительной переменной $МО=z$ на основе синергетического подхода [4]. Учитывая выделение в составе МО разных групп микроорганизмов, целесообразно рассмотрение трех дополнительных координат в пространстве состояний процесса производства плодоовощных консервов:

$$dz_1/dt=0, z_2=0, dz_3/dt=0,$$

где z_1 – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г; z_2 – количество патогенных и условно патогенных микроорганизмов, КОЕ/г; z_3 – количество микроорганизмов порчи, КОЕ/г.

Динамическое картирование МО на мнемосхеме панели технолога-оператора может не производиться непрерывно, а выдаваться в дополнительном окне при превышении допустимых значений или по запросу. Информация о превышении должна делиться по уровню приоритетов на: недопустимое, угрожающее и потенциально неопасное. Любое изменение МО связано с необходимостью выводов о соответствии технологических режимов требованиям инструкций и нормативных документов с использованием значений МО как характеристики цели управления системы высокого уровня.

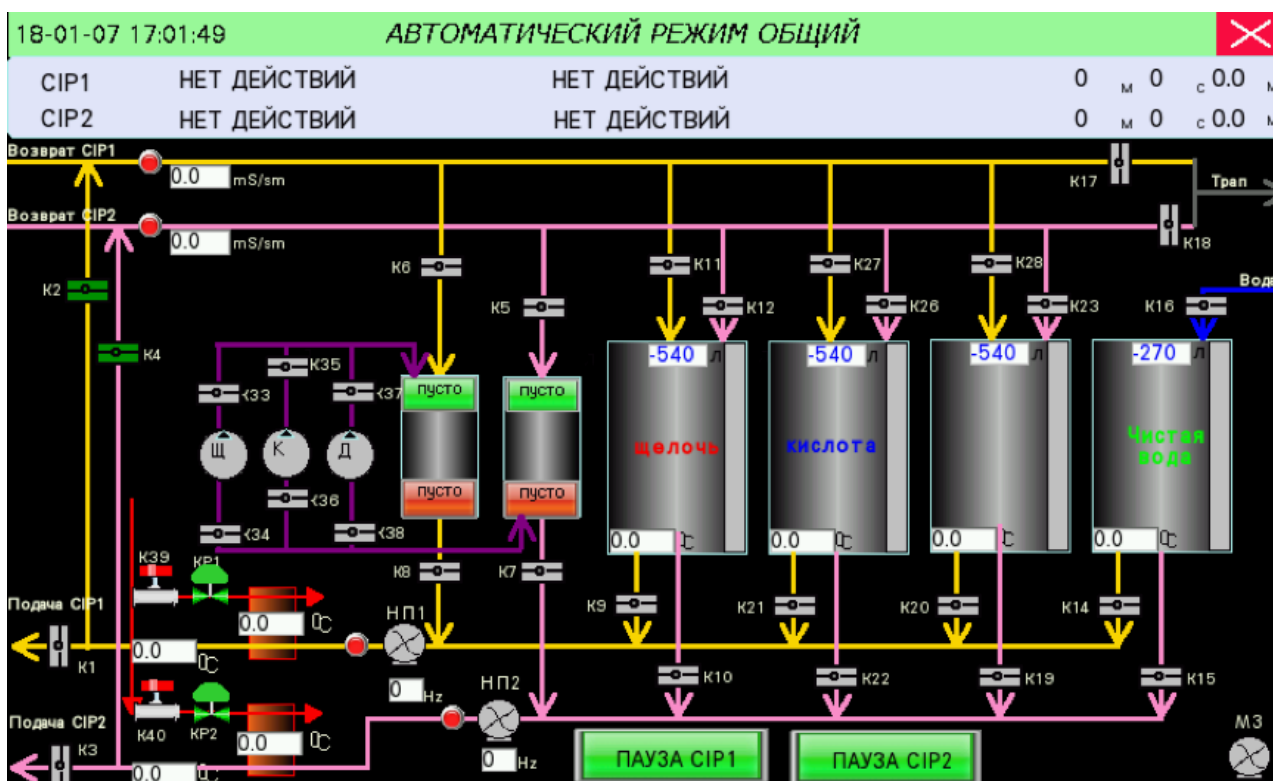
Рассмотрение МО как составляющих критерия автоматизированного управления процессами переработки продукции АПК целесообразно не только для физических и физико-механических способов переработки, но и при использовании новых технологий переработки, например СВЧ полей [5]. При этом возможно получение более качественных, иных по составу продуктов, при всей инновационности которых требования по МО остаются на первом плане и также должны учитываться в составе критерия управления.

3. Управление мойкой оборудования

Предполагая, что используется качественное сырье и нет нарушений технологических режимов (температурных в первую очередь), для предотвращения микробиологической обсемененности оборудования огромное значение имеет процесс мойки. Эффективность мойки зависит от степени загрязненности оборудования (оценивается на основе динамики вновь введенных координат), качества концентратов моющих средств, температуры и концентрации моющих растворов, режима ополаскивания и материала из которого изготовлено оборудование. Мойка оборудования прерывает технологический цикл выпуска плодоовощных консервов и ее рассмотрение при решении задач автоматизации изменяет класс объекта с непрерывно действующего в непрерывно-дискретный.

Управление мойкой кроме температур заставляет вводить в пространство параметров концентрации различных веществ и расходы моющих растворов и рассматривать задачу управления процессом мойки как составляющую управления МО. При этом дискретно изменяется состояние объекта и оператор начинает работать с панелью мойки (рисунок) [6]. Переключение внимания на новую панель с одной стороны активизирует внимание оператора, с другой стороны повышает размерность и сложность задач управления, может быть источником ошибок из-за неправильного задания рецептуры раствора или режима мойки.

Для предотвращения подобных ошибок целесообразным является автоматическое задание режимных параметров мойки оборудования в зависимости от значений трех дополнительных координат в пространстве состояний процесса производства плодоовощных консервов z_i . Предполагается, что в случае угрожающего значения обсеменности продукта формируется сигнал аварийного останова линии с дальнейшей мойкой оборудования и пересчетом технико-экономических составляющих на верхних уровнях управления. Потери ресурсов из-за смены режима могут предотвратить гораздо более значимые потери в случае отгрузки на склад и дальнейшей реализации потенциально опасной продукции.



Мнемосхема системы управления в процессе мойки

Изменение вида объекта и типа мнемосхем делает актуальной постановку другой задачи построения автоматизированных систем – задачу представления информации оператору. В данном случае, как указывалось выше информация может быть скрытой и выдаваться либо при наступлении критической ситуации, либо по запросу.

Заключение

Таким образом, при рассмотрении задач автоматизации линий по выпуску плодоовощных консервов в качестве параметров объекта и координат состояния кроме технико-экономических показателей при использовании цифровых технологий управления возможно рассмотрение показателей микробиологической обсеменности продукта. Учитывая наличие патогенных и непатогенных микроорганизмов, при управлении рассматриваются скорости роста вторых при ограничениях на наличие первых. В случае выхода скорости роста показателей обсеменности за допусти-

мые пределы предлагается автоматически останавливать технологический цикл и осуществлять автоматическую мойку оборудования с пересчетом технико-экономических показателей процесса производства.

Анализ развития рынков в РФ показывает, что инновации, связанные с наукоемкими решениями зачастую трудно внедряются на предприятиях пищевой промышленности и в АПК. Поэтому данный материал во многом направлен на то, чтобы активизировать внимание на сфере, которая недостаточно охвачена цифровыми технологиями. Конечно, покупка товара с паспортом безопасности остается в сфере желаемого, но все предпосылки для материализации желаний покупать и потреблять качественные и безопасные плодоовощные консервы с точки зрения наличия научных результатов есть. Задачей остается перевод данных результатов в конструкторские разработки с заказом от производителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилов Г.Ю. Микробиологическое нормирование новых видов пищевых продуктов // Пищевая промышленность. – 2012. – №12. – С. 26-28.
2. Еремина И.А., Лузина Н.И., Кригер О.В. Микробиология продуктов растительного происхождения. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2003. – 87 с.
3. Краснова С.А., Уткин, В.А. Каскадный синтез наблюдателей состояния динамических систем. – М.: Наука. Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2006. – 272 с.
4. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
5. Черненко А.В., Алтуньян М.К. Использование электромагнитного поля сверхвысокой частоты для обеспечения микробиологической безопасности консервов // Сельскохозяйственный журнал. – 2014. – №7. – С. 20-24.
6. Автоматика техпроцессов и производств // Электронный ресурс. Режим доступа URL: <http://asu-tp>. (дата обращения 01.06.2020).

CONSIDERATION OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION UNDER AUTOMATION OF FRUIT AND VEGETABLE PRESERVES PRODUCTION

Akhremchik Oleg Leonidovich, Doctor of science, docent, professor of automation department

Tver state technical university, Tver, Russia, e-mail: axremchic@mail.ru

Microbiological contamination is considered as a component of the control criterion for production of fruit and vegetable preserves. In the state space, the rates of growth of mesophilic microorganisms and spoilage microorganisms are taken into account when selecting the control trajectory. Pathogenic microorganisms are not allowed. The need for additional software modules requiring the introduction of laboratory results is underlined. When the contamination increases, the operating mode is changed and the equipment is automatically washed.

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕТРОУСТАНОВОК ФИРМЫ ENERCON

Белей Валерий Феодосиевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования судов и электроэнергетики

Решетников Глеб Александрович, ведущий инженер кафедры электрооборудования судов и электроэнергетики

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: vbeley@klgtu.ru, gleb.reshetnikov@klgtu.ru

В работе выполнен анализ развития ветроэнергетики в мире и России. Рассмотрены нормальные и ненормальные режимы работы ветроэнергетических установок производства фирмы Enercon модели E-70 E4, установленных в Калининградской области. В ходе выполнения анализа нормальных и аварийных эксплуатаций ветроустановок выявлены основные принципы построения их системы управления, а также систем релейной защиты и автоматики. Для нормального режима эксплуатации составлены блок-схемы, описывающие основные принципы автоматического регулирования напряжения и скорости вращения ветроколеса.

1. Развитие ветроэнергетики в мире

В мире наблюдается рост доли ветроэнергетики в производстве электроэнергии (Таблица 1,2) [1-3].

Таблица 1

Прогноз развития мировой ветроэнергетики

Показатель	Годы	2008	2019	2040 прогноз
Доля выработанной электроэнергии ветроустановками, %		1,5	5,27	18,0

Таблица 2

Доля ветроэнергетики в мировой выработке электроэнергии за 2019

Страны	Выработка электроэнергии в мире, ТВт*час	Доля ветроэнергетики, %
Китай	7 325,0	5,54
Россия	1 109,4	0,031
Дания	34,0	47
Мир	26 652,7	5,27

Как следует из таблицы 2, Россия находится на обочине мирового прогресса в освоение ветровой энергии, несмотря на огромные ее ресурсы: валовый потенциал России составляет 2 609 055 млрд. кВт*ч/год [3].

В 2016 вышло Распоряжение Правительства РФ [3], согласно которому до 2030 года в РФ планируется возвести 15 ветроэлектростанций суммарной установленной мощностью 5,5 ГВт. Самая мощная ветроэлектростанция возводится в Мурманской области. ПАО «Энел Россия» получило право на строительство Кольской ВЭС мощностью 201 МВт. Уставный капитал ПАО «Энел Россия» составляет 35,4 млрд. рублей. Доля Enel S.p.A. – 56,43%, доля PFR Partners Fund I Limited – 19,03%, доля Prosperity Capital Management Limited – 7,68%, доля прочих миноритарных акционеров – 16,86%. Следует отметить, что ВЭС в РФ возводятся фирмами, владельцами которых являются иностранные компании [4], которые используют зарубежные технологии (Рис. 1).

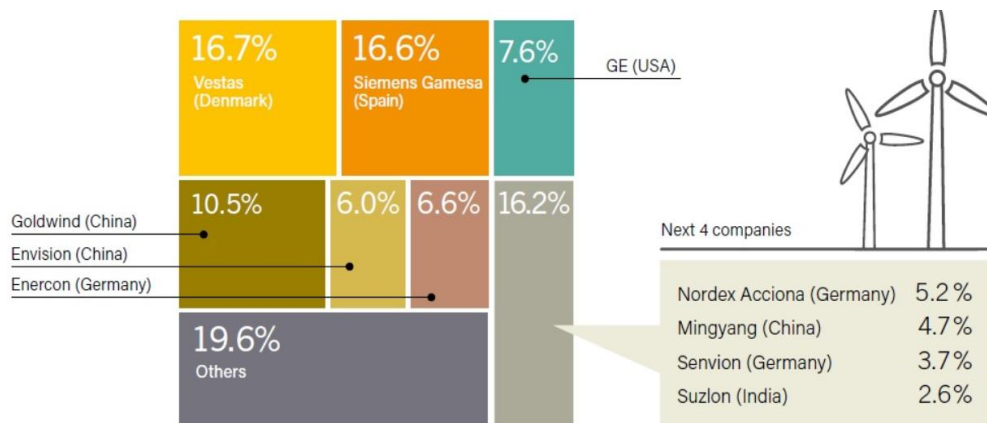


Рис. 1. Ведущие фирмы в мире по производству ветроустановок [1]
Следует отметить, что в России не производят ветроустановки, используемые в энергетике, малой мощности

2. Ветроустановки фирмы Enercon и их использование в Калининградской области

В современных ВЭУ преимущественно используются установки двух типов: на основе асинхронных машин двойного питания или безредукторные ВЭУ на основе синхронного генератора, в которых решены проблемы плавного пуска, потребления или выдачи реактивной мощности, стабилизации напряжения [5]. Компания Enercon входит в десятку крупнейших мировых производителей ветроэнергетических установок. Отличительной чертой данных ВЭУ является использование тихоходных многополюсных синхронных генераторов. Данное решение позволяет Enercon отказаться от использования редуктора и существенно упростить механическую часть ВЭУ. Для связи генератора ВЭУ и энергосистемы применяется вставка постоянного тока.

В настоящее время компания Enercon производит ВЭУ номинальной мощностью от 0,9 МВт до 7,58 МВт. Современная ВЭУ большой мощности - это полностью автоматизированная энергетическая установка, функционирующая по заданному алгоритму [5].

В Калининградской области при реализации Ушаковской ВЭС были использованы ВЭУ Enercon E-70 E4 (Рис. 2). Номинальная мощность ВЭУ составляет 2,3 МВт, однако на Ушаковской ВЭС мощность каждой из трех ВЭУ данного типа ограничена до 1,7 МВт. Таким образом, установленная мощность Ушаковской ВЭС составляет 5,1 МВт.



Рис. 2. Ветропарк в поселке Ушаково Калининградской области [6]

Для района размещения Ушаковской ВЭС среднегодовая скорость ветра на высоте флюгера ВЭУ составляет $V_{\phi} = 5,45$ м/с. Тогда скорость ветра на высоте ступицы ветроколеса ($h=75$ м) согласно выражению (1) составит 7,08 м/с [3], что обеспечивает коэффициент использования ветроэнергетических установок равный $K_{исп} = 0,47$ (Рис. 3).

$$V = V_{\phi} \cdot \left(\frac{h}{h_{\phi}}\right)^m \quad (1)$$

где m – коэффициент, характеризующий степень возрастания ветра с высотой над поверхностью Земли. Для равнинной прибрежной зоны коэффициент принимается равным 0,13 [7]; V_{ϕ} – среднегодовая скорость ветра на высоте флюгера; h_{ϕ} – высота флюгера.

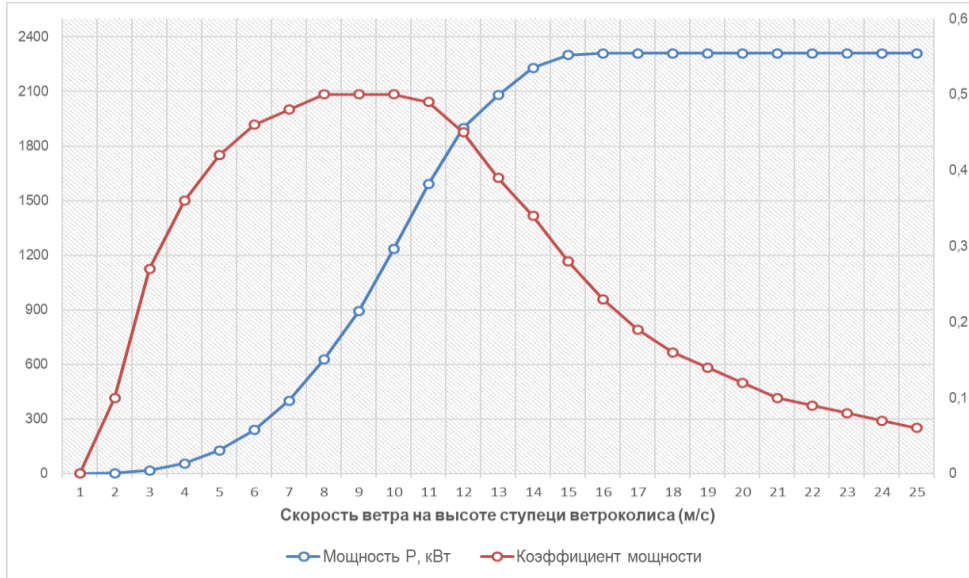


Рис. 3. Зависимость выработки активной мощности ВЭУ и коэффициента использования мощности от скорости ветра [8]

Упрощенная функциональная схема ВЭУ Enercon E-70 E4 представлена на рисунке 4. Стоит отметить, что многополюсный синхронный генератор Enercon генерирует ток частотой от 32 до 57 Гц. Однако использование вставки постоянного тока позволяет преобразовывать его в ток промышленной частоты 50 (60) Гц.

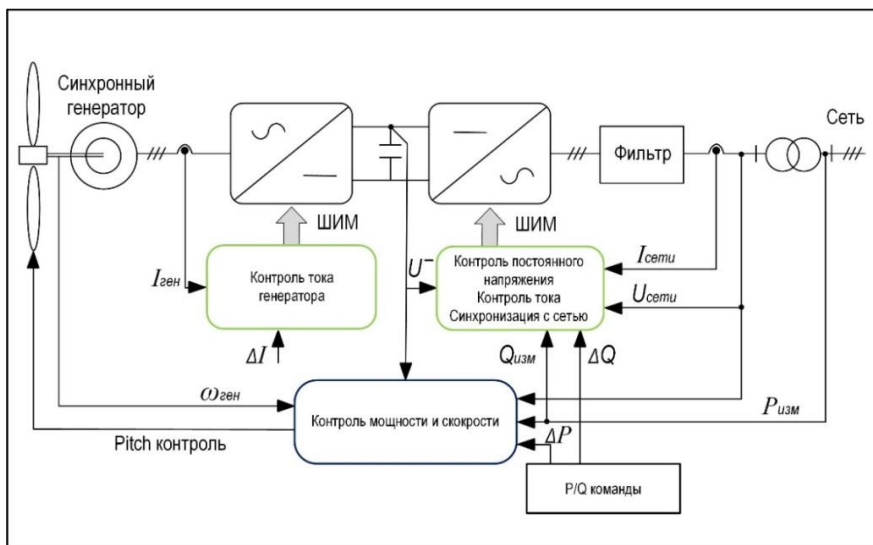


Рис. 4. Упрощенная функциональная схема ВЭУ Enercon E-70 E4

3. Режимы работы ВЭУ Enercon E-70 E4

3.1. Нормальный режим работы ВЭУ

Нормальный режим работы ВЭУ Enercon E-70 E4 характеризуется ее мощностной характеристикой (Рис. 3). Выработка электроэнергии начинается при скорости ветра в 3 м/с. Номинальная мощность ВЭУ достигается при значении скорости ветра в 15 м/с. При выходе на номинальную мощность, с целью недопущения механических повреждений ветроколеса и ветроэнергетической установки в целом, система рысканья гондолы и pitch контроль не допускают увеличения скорости вращения ротора сверх допустимой. Данное регулирование осуществляется при помощи блока контроля мощности и скорости на основе данных о фактической скорости вращения ротора ветроколеса, генерируемой активной и реактивной мощностей и параметров преобразующего звена (вставка постоянного тока).

Контроль генерируемой активной и реактивной мощностей, а также замеры мощностей в точке присоединения ВЭУ к сети позволяют блоку «P/Q команд» осуществлять своевременное регулирование мощностей ВЭУ, влияя при этом на величину напряжения и частоту в точке присоединения ВЭУ к ЭЭС. Основным объектом управления в данном случае является инвертор (на ВЭУ данного типа используется от 8 до 9 инверторов номинальной мощностью 300 кВт). Система управления воздействует на инвертор посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Управление выпрямителем также обеспечивается при помощи ШИМ.

Таким образом, в нормальном режиме работы ВЭУ Enercon E-70 E4, благодаря автоматизированной системе управления имеют возможность регулировать уровень напряжения и частоты в точке присоединения к сети, оказывая при этом положительное влияние на качество электроэнергии. Автоматизированный процесс управления ВЭУ Enercon E-70 E4 условно можно разделить на отдельные подсистемы. На основе проанализированных данных была составлены блок-схемы, описывающие основные принципы автоматического регулирования напряжения ВЭУ и скорости вращения ротора ветроколеса (Рис. 5).

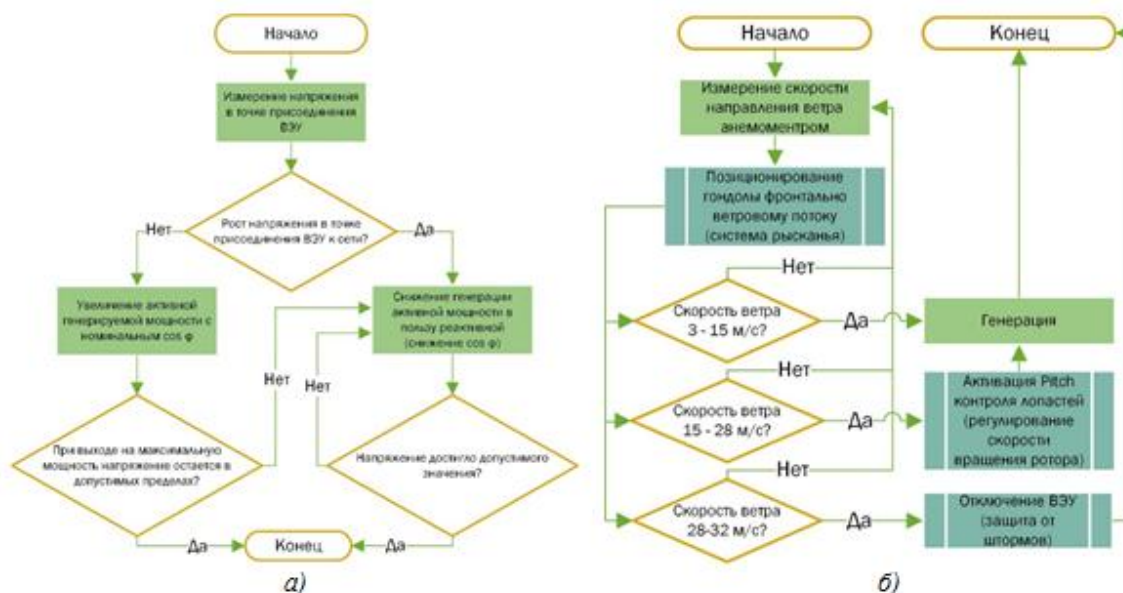


Рис. 5. Упрощенные блок-схемы реализации автоматизированного управления ВЭУ Enercon E-70 E4 (а) контроль напряжения; (б) контроль скорости вращения ротора ветроколеса

3.2. Ненормальные режимы работы ВЭУ

Режимы ненормальной работы ВЭУ связаны в первую очередь с уровнем напряжения на шинах генератора и в точке подключения ВЭУ к сети. Область допустимых режимов работы ВЭУ ограничивается напряжениями (Таблице 3), а также временными уставками устройств релейной защиты и автоматики.

Напряжения работы ВЭУ Enercon E-70 E4

Наименование и значение параметра, %	Величина, В
Номинальное напряжение, $U_{\text{НОМ}} = 100\% U_{\text{НОМ}}$	400
Максимальное перенапряжение ВЭУ, $U_{\text{пер}} = U_{\text{откл1}} = 145\% U_{\text{НОМ}}$	580
Максимальное значение, $U_{\text{max}} = 110\% U_{\text{НОМ}}$	440
Временное максимальное значение, $U_{\text{max,вр}} = 120\% U_{\text{НОМ}}$	480
Минимальное значение, $U_{\text{min}} = 90\% U_{\text{НОМ}}$	360
Временное минимальное значение, $U_{\text{min,вр}} = 80\% U_{\text{НОМ}}$	320
Уставка защиты от пониженного напряжения, $U_{\text{пон}} = 15\% U_{\text{НОМ}}$	60

Если напряжение снижается более чем $U_{\text{пон}}$ или превышает $U_{\text{max,вр}}$, то ВЭУ отключается от сети без прекращения работы. При возвращении напряжения в допустимые пределы (между $U_{\text{min,вр}}$ и U_{max}), ВЭУ повторно синхронизируется и в течении 400 мс восстанавливает параллельную работу с сетью. Момент короткого замыкания или исчезновения напряжения со стороны сети соответствует $U_{\text{пон}}$ и обозначается точкой с нулевым моментом времени для отстройки уставок защит по напряжению (Рис. 6).

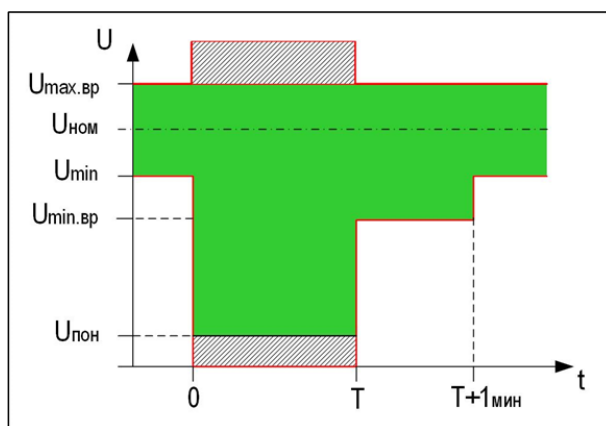


Рис. 6. Область работы ВЭУ Enercon E-70 E4

Работа ВЭУ с повышенным напряжением ограничивается физическим пределом изоляции проводников и аппаратов, а также полупроводниковых элементов устройств ВЭУ по их максимально допустимым рабочим напряжениям (Рис. 7). С целью недопущения перенапряжения данных элементов на ВЭУ предусмотрена защита от перенапряжений.

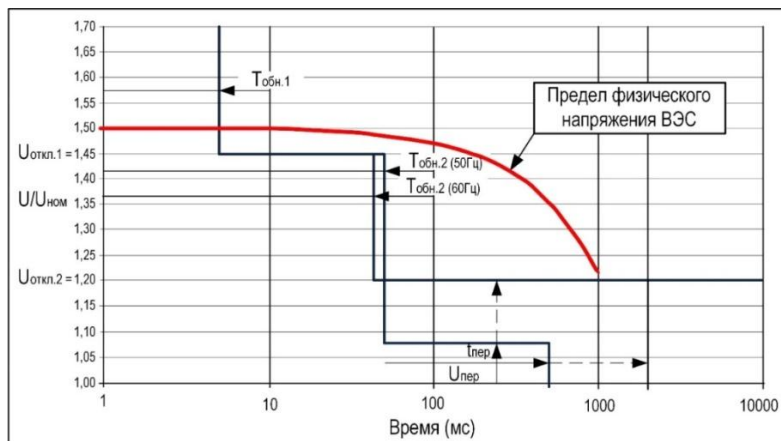


Рис. 7. - Схема допустимых превышений напряжения работы ВЭУ

Время обнаружения защитами ВЭУ превышения напряжения находится в пределах от 5 мс до 50 мс и зависит, соответственно, от уровня перенапряжения. Время отключения ВЭУ с учетом времени срабатывания коммутационного аппарата находится в пределах от 50 мс до 100 мс.

Итогом работы является выполненный на основе упрощённой функциональной схемы анализ режимов работы ВЭУ Enercon E-70 E4 в нормальных и ненормальных режимах, включая режим работы ВЭУ в момент КЗ со стороны сети. Выявлены основные подходы в архитектуре системы управления ВЭУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Statistical Review of World Energy 2020 | 69th edition // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата обращения: 27.08.2020).

2. Ветроэнергетика выработала более 47% электроэнергии в Дании в 2019 году // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://reenen.ru/denmark-sources-record-more-than-47-per-cent-of-power-from-wind-in-2019/> (дата обращения 14.08.2020).

3. Белей В.Ф., Задорожный А.О. Ветроэнергетика России: анализ состояния и перспективы развития // М. - Энергия: экономика, техника, экология. -2018- №7. С.19-29. и №8. С. 2-15.

4. Белей В.Ф. Возобновляемые источники энергии: справочник модуля /под ред. В.Ф.Белея, В.В.Селина, А.О. Задорожного, А.Ю. Никишина, Н.Н. Елагина, А.В. Соловья. –Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015-257с.

5. ЭнеЛ Россия приступила к строительству Кольской ВЭС мощностью 201 МВт, крупнейшего проекта возобновляемой энергетики за Полярным кругом // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.enelrussia.ru/ru/media/press/d201909-enel-russia-construction-begins-at-201-mw-kolskaya-wind-farm-largest-renewable-project-beyond-the-arctic-circle.html> (дата обращения: 31.08.2020).

6. Генерация из воздуха. Как работает ветроэлектрическая станция в Ушаково. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://rugrad.eu/projects/windpowerstation/> (дата обращения: 01.09.2020).

7. В. Г. Николаев, С. В. Ганага, Ю. И. Кудряшов. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения: М.: Атмограф, 2008. - 581 с.

8. The most suitable wind energy converter for every location ENERCON product overview // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/en/ENERCON_Produkt_en_06_2015.pdf (дата обращения: 28.08.2020).

ENERCON WIND TURBINES AUTOMATION PRINCIPLES

Beley Valery Feodosievich, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Electrical Equipment for Ships and Electric Power Industry
Reshetnikov Gleb Aleksandrovich, Leading Engineer, Department of Electrical Equipment
for Ships and Electric Power Industry

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: vbeley@klgtu.ru; gleb.reshetnikov@klgtu.ru

The paper analyzes the development of wind energy in the world and in Russia. The normal and abnormal modes of operation of a wind power plant manufactured by Enercon, model E-70 E4, installed in the Kaliningrad region are considered. In the course of the analysis of normal and emergency operation of the wind turbine, the basic principles of building a control system for a wind power plant, as well as relay protection and automation systems, were identified. For the normal operation of the wind turbine, block diagrams have been drawn up that describe the basic principles of automatic regulation of the voltage of the wind turbine and the rotation speed of the wind wheel.

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Болотина Ирина Олеговна, канд. техн. наук, доцент отделения электронной инженерии

¹Седнев Дмитрий Андреевич, канд. техн. наук, директор

¹Долматов Дмитрий Олегович, инженер международной научно-образовательной лаборатории неразрушающего контроля

²Портенко Виктория Александровна, магистрант

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Томск, Россия, e-mail: bolotina@tpu.ru

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Институт экономики и менеджмента

Томск, Россия, e-mail: imaginehowhard@gmail.com

В статье проведен анализ возможности применения роботизированного неразрушающего контроля для композиционных материалов. Приведена структурная схема роботизированной системы контроля, изготовленной сотрудниками ТПУ. Показаны результаты экспериментальных исследований на примере образца сотовой конструкции, содержащего пористость, которые подтвердили эффективность разработанной системы контроля качества.

Важнейшей тенденцией в развитии современной промышленности является использование композитных материалов. Особенно активно внедряются новые материалы в авиастроении, вертолетной, ракетно-космической отраслях промышленности, а также в судостроении. Основными преимуществами, делающими их привлекательными для этих отраслей, являются возможности по:

- снижению веса конструкций;
- увеличению прочности конструкций;
- снижению вероятности возникновения коррозии;
- сокращению количества деталей.

Кроме этого, благодаря выше перечисленным преимуществам можно существенно сэкономить расход топлива, а также получить специфические свойства композитных материалов, необходимые для эксплуатации конструкций из них, в том числе в экстремальных условиях.

Появление новых видов композиционных материалов, в том числе полимеров, позволили создать из слоистых сэндвич-композитов конструкции высокопрочных корпусов, которые стало возможным использовать для конструирования современных высокоскоростных судов.

Кроме того, уникальные свойства композитов послужили основой для создания прочных, легких корпусов лодок, катеров, яхт и т.д. для данной цели себя хорошо зарекомендовали различные типы стеклопластиков, обладающих высокой химической и биологической стойкостью. Также одним из интересных применений композиционных материалов в судостроении является использование углепластика для подводных крыльев судов, спасательных шлюпок.

Опыт применения композитных материалов в конструкциях судов показывает, что эти материалы с точки зрения веса и механических характеристик являются весьма перспективными.

Во многих странах в настоящее время в мире эксплуатируются тысячи различных судов с корпусами из стеклопластика. Достаточно активно применяется в кораблестроении и углепластик. Сегодня среди яхтсменов очень престижно иметь карбоновую мачту. Достаточно экономичные катамараны из углепластика обеспечивают регулярные пассажирские перевозки. Находят применение композиционные материалы и в судах военного назначения.

В российском судостроении также стали эффективно применять полимерные композиты. Обусловлено это тем, что для них характерны высокие удельные характеристики и высокая коррозионная стойкость, что является важным параметром для судов, которые эксплуатируются в морской воде, районах крайнего Севера. Можно выделить несколько направлений применения таких композитов в судостроении: корпуса судов, внутренняя обшивка кают, трубопроводы, панельные доски приборов, пульта управления, покрытия для палуб, легковесные конструкции для балконов, блоки для экипажа и др.

Исследования показали, что корабли, корпуса которых изготовлены из полимерных композитов существенно менее уязвимы для противника, т.к. они имеют низкое инфракрасное и оптическое излучение и поэтому остаются незамеченными для противника. Кроме того, такие суда имеют существенно меньшую массу, что позволяет увеличить боевое оснащение корабля.

Производство и дизайн компонентов на основе композитных материалов является очень сложным процессом. Необходимо обеспечивать высокую эффективность и оперативность в отношении выявления каких-либо несоответствий заданному уровню качества. К сожалению, сложное строение композитов приводит к образованию ряда специфических дефектов, которые не всегда можно обнаружить стандартными средствами контроля. В связи с этим, развитие технологии производства новых высококачественных материалов непосредственно влечет за собой необходимость развития инновационных методов контроля качества.

С точки зрения неразрушающего контроля качества и общей эксплуатационной надежности изделия на основе композитов представляют собой сложный объект из-за свойств, присущих данному типу материалов. Узлы, выполненные из композитных материалов, имеют тенденцию к усложнению геометрии и внутренней структуры. Как правило, подобные детали имеют многочисленные изогнутые поверхности с широким спектром радиусов кривизны, подрезы, а сами композиты могут быть изготовлены из двух или более компонентов, различающихся по физико-химическим свойствам. Структура большинства композитных материалов, в том числе и углепластика, неоднородная и анизотропная. В связи с этим, известные существующие методы неразрушающего контроля не способны полностью обеспечить достоверную оценку качества. Поэтому производители часто применяют различные по физическим принципам неразрушающие методы контроля композитных материалов.

Проведение эффективного контроля качества является необходимым требованием при создании объектов из композитных материалов. Этапы создания материала и непосредственно изделия на его основе иногда могут быть совмещены с целью повышения технологической эффективности. В связи с чем, осуществление контроля проводится только для готовых компонентов. Достоверная оценка и обнаружение нарушений в структуре материала позволяет гарантировать необходимый уровень функциональности и безопасности в процессе последующей эксплуатации компонентов.

Производство изделия из композитного материала обычно состоит из четырех основных этапов: проектирование, изготовление, проведение контроля качества, оценка эксплуатационной пригодности. Каждый из этих этапов так или иначе связан с контролем качества. Например, на этапе проектирования важно оценить какая часть компонента будет влиять на надежность в большей степени, и тем самым выделить в последующем зоны проведения контроля. Этап изготовления зачастую предполагает проведение производственного контроля, позволяя выявлять возможные нарушения более оперативно. Если проводить оценку качества на самых ранних этапах, то возможно проанализировать и усовершенствовать технологию производства и проектирования объекта.

Кроме того, подобный подход позволяет оценить причины возникновения дефектов. Это может быть принято во внимание на конечной стадии, которой является оценка эксплуатационной пригодности.

В настоящее время для обнаружения дефектов композитных материалов применяются различные методы неразрушающего контроля, такие как акустические, оптические, вихретоковые, радиационные, термографические и другие. Наиболее перспективными, применительно к системам неразрушающего контроля композитных материалов являются системы, использующие ультразвуковой метод контроля [1-4].

Контроль качества при помощи ультразвуковых волн является наиболее распространенным методом производственного контроля композитных материалов в связи с оптимальным сочетанием выявляющей способности и экономической эффективности. К преимуществам данного метода

относятся высокая чувствительность, информативность, производительность и возможность высокой степени автоматизации процессов контроля вплоть до встраивания оборудования контроля в производственную линию.

Получаемая с использованием данного метода контроля информация о параметрах дефектов (размер, площадь, ориентация в пространстве) позволяет строить качественные изображения для дальнейшей оценки ресурса и работоспособности объекта, изготовленного из композитных материалов. Очевидным преимуществом применения систем ультразвукового неразрушающего контроля является возможность автоматизации и роботизации процесса контроля с использованием для этого достаточно известные решения для построения соответствующих систем.

В настоящее время в судостроении неразрушающий контроль деталей из полимерных композитных материалов проводится вручную. Для ручного контроля, кроме достаточно высокой трудоёмкости, характерно низкое качество представления результатов, так как на первый план выходит влияние человеческого фактора. Кроме того, ручной контроль имеет ограничения по реализации высокоинформативных технологий контроля, а также в производительности при проведении эксплуатационного контроля.

Диагностика объекта с применением автоматизированного УЗ контроля позволит с высокой чувствительностью надёжно выявить дефекты, соблюдая при этом высокую скорость сканирования. В результате информация о размере, площади и ориентации дефекта, получаемая при помощи автоматизированных УЗ комплексов, даст возможность построить качественное изображение для последующей оценки работоспособности и ресурса конструкции из полимерных композитных материалов.

На рынке в настоящее время представлены акустические приборы, которые позволяют контролировать композиционные материалы [5,6]. Однако они имеют существенные ограничения. Во-первых, приборы, определяющие глубину залегания дефекта, работают в эхо-импульсном режиме, и поэтому не имеют возможности контролировать изделия с толщинами более 20 мм. Во-вторых, приборы, которые наоборот могут контролировать изделия с толщинами более 20 мм, работают в теновом режиме, но они не позволяют определять глубину расположения дефектов, так как являются одноканальными.

Указанные проблемы решаются с помощью применения фазированных решеток, которые обеспечивают надежное обнаружение дефектов, информативность результатов контроля и идентификацию типов выявленных дефектов [7].

Нарастающая тенденция полной автоматизации и роботизации процесса производства компонентов для судостроения, преследует цель сокращения времени производства. Современные системы неразрушающего контроля обеспечивают высокую скорость сканирования, быстрый, повторяемый и надёжный контроль, который также позволяет контролировать гораздо большие поверхности за один цикл сканирования поверхности. Следовательно, пришло время для усовершенствования механических систем, новыми более скоростными и надёжными системами неразрушающего контроля.

Безусловно, решением данной проблемы может стать автоматизация контроля и использование роботизированных манипуляторов, позволяющих расширить спектр производственных применений за счет увеличения скорости и точности контроля. Применение роботоманипуляторов характерно почти для всех методов неразрушающего контроля. Также стоит отметить появление возможности использовать большие вычислительные мощности без значительного удорожания или увеличения габаритов системы, что позволило перейти к ультразвуковой томографии в реальном времени.

Анализ методов и систем неразрушающего контроля в области композитных материалов, показал, что наилучшим решением контроля является роботизированная ультразвуковая томография, сочетающая в себе безопасность, высокую скорость инспекции и точность контроля.

Современная концепция создания систем неразрушающего контроля использует механических роботов, объединяя необходимое оборудование и программное обеспечение, с целью планирования и настройки конфигураций инспекции (определение геометрии детали, определение параметров контроля, калибровка, создание траекторий контроля, управление роботом и т.д.) в полностью интегрированной системе.

Конечным результатом является очень гибкая система, которая включает в себя промышленный робот, обеспечивающий адаптацию к различным конфигурациям неразрушающего контроля. Использование стандартных промышленных роботов снижает окончательную стоимость и

сроки поставки системы. Техническое обслуживание также становится дешевле, так как основная механика является готовым продуктом. Кроме того, данная концепция системы контроля имеет значительно более низкие требования к размещению. Основными достоинствами роботизированных систем является:

- возможность адаптации параметров контроля для объектов любой геометрии;
- проведение инспекции определенных участков компонента;
- визуализация внутренней структуры и имеющихся дефектов;
- возможность контроля на этапе изготовления и готовых компонентов;
- подтверждение и моделирование заданной структуры материала.

Разработанная в Томском политехническом университете (ТПУ) роботизированная система контроля (РСК) позволяет проводить контроль качества конструкционных деталей сложной геометрии с помощью ультразвука и визуализировать 3D изображения результатов контроля, а также автоматически оценивать полученные результаты в реальном времени. РСК является уникальной системой, которая объединяет в себе высокую точность роботизированных сканеров и возможности алгоритмов томографической реконструкции и визуализации структуры.

Электронный блок РСК содержит в себе инновационные решения в области измерительной схемотехники, микроэлектроники, компактных систем параллельных вычислений и высокоскоростной обработки больших массивов данных. На разработанные ТПУ алгоритмы реконструкции акустических данных, которые дают возможность получить 3D изображения структуры объекта контроля с высоким разрешением в реальном масштабе времени, получены патенты и свидетельства на программы для ЭВМ, что подтверждает новизну разработки ТПУ. Результаты, получаемые при контроле образцов, представляются в виде А-, В-, С-разверток для формирования массивов данных, содержащих результаты контроля в соответствии с действующей нормативной документацией и 3D визуализацией структуры объекта контроля с целью экспресс-оценки оператором состояния изделия.

Основными компонентами РСК являются:

- акустический тракт;
- манипулятор;
- электронный измерительный тракт;
- блок управления манипулятором;
- триггерное устройство;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Акустический тракт предназначен для передачи и приема УЗ волн в объект контроля (ОК) с наименьшими потерями. Манипулятор применяется для корректного позиционирования акустического тракта относительно поверхности ОК. Измерительный тракт обеспечивает генерацию, прием, оцифровку УЗ волн и их передачу для последующей обработки, визуализации. Блок управления манипулятором управляет перемещением манипулятора в соответствии с выбранной траекторией измерения и передает текущие координаты на АРМ оператора. Триггерное устройство используется для выдачи стробов на электронно-измерительный тракт, которые являются командами для проведения измерения. АРМ оператора предназначено для определения параметров проведения контроля, оперативного управления проведением контроля, оценки полученных результатов. Структурная схема РСК представлена на рисунке 1.

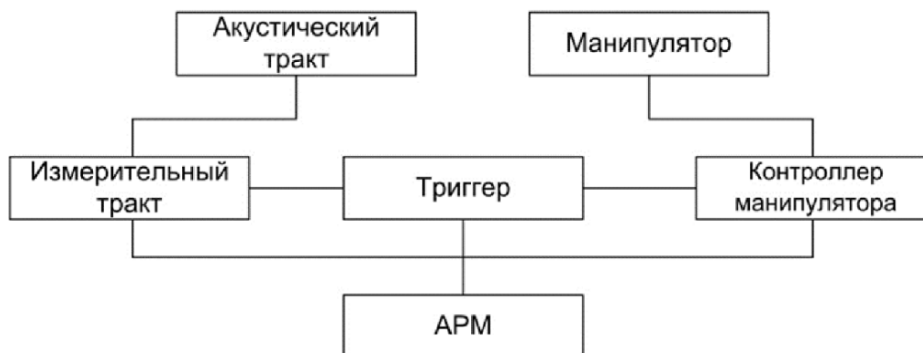


Рисунок 1 – Структурная схема РСК

Сотрудниками ТПУ была изготовлена РСК. На рисунке 2 показан общий вид манипулятора с установленным акустическим трактом.

Были проведены экспериментальные исследования 12 образцов из композитных материалов. Например, образец сотовой конструкции О1СС размером $195 \times 125 \times 16$, приведенный на рисунке 3 и содержащий пористость, был исследован с помощью метода ультразвукового эхо-импульсного контроля.



Рис. 2 – Робот-манипулятор

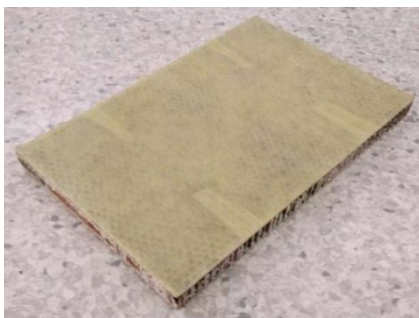
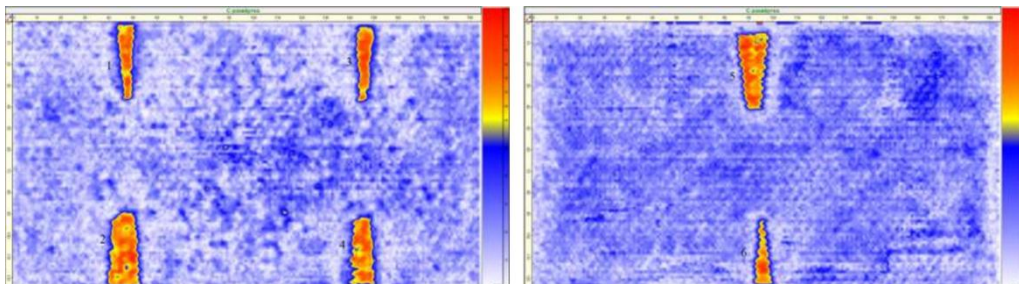


Рис. 3 – Внешний вид образца О1СС

Ультразвуковой эхо-импульсный контроль образца осуществлялся фокусированным датчиком с рабочей частотой 10 МГц с использованием технологии контроля через эластичный материал. Обнаружено 6 дефектов. Результаты контроля в форме С-сканов, полученных на разных срезах, представлены на рисунке 4. Выявлено 6 дефектов.



а) первая сторона; б) вторая сторона

Рис. 4 – С-развертка образца О1СС, срез 10-11 мм

Таким образом, ультразвуковой эхо-импульсный метод показал высокую эффективность контроля образца О1СС. Стоит отметить, что применение РСК является передовым сбалансиро-

ванным решением для потребителя, планирующего интегрировать стадию неразрушающего контроля в цикл классического или аддитивного производства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания «Наука» (базовая фундаментальная) № проекта FSWW-2020-0014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будадин О.Н., Кутюрин В.Ю., Борисенко В.В. Автоматизированный ультразвуковой неразрушающий контроль изделий из полимерных материалов // Контроль. Диагностика. – 2007. – № 4. – С. 19-23.
2. Kablov E., Murashov V., Romyantsev A. Diagnostics of polymer composites by acoustic methods //ULTRAGARSAS. 2006. №2(59). P. 7–10.
3. Мурашов В.В., Косарина Е.И., Генералов А.С. Контроль качества авиационных деталей из полимерных композиционных материалов и многослойных клееных конструкций // Авиационные материалы и технологии, 2013. - №3. - С. 65–70.
4. Копылов А.В. Методы, средства контроля, диагностики и испытаний композиционных материалов при эксплуатации авиационных двигателей: Дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук. – Москва, 2014. – 158 с.
5. Алешин Н.П., Григорьев М.В., Щипаков Н.А. Современное оборудование и технологии неразрушающего контроля ПКМ // Инженерный вестник. – 2015. – № 1. – С. 532-538.
6. Павлов В.И. Композиционные материалы и неразрушающий контроль. М.: В мире неразрушающего контроля. - №2. - 2003.
7. Ekenel M. и др. Acousto-ultrasonic technology for nondestructive evaluation of concrete bridge members strengthened by carbon fiber-reinforced polymer // Transp. Res. Rec. 2005. – № 1928. – С. 245-251.

ROBOTIC TECHNOLOGIES FOR QUALITY CONTROL OF PRODUCTS FROM COMPOSITE MATERIALS

¹Bolotina Irina Olegovna, PhD in Engineering, Assoc. Professor, Division for Electronic Engineering, TPU School of Non-Destructive Testing

¹Sednev Dmitry Andreevich, PhD in Engineering, Assoc. Professor, Director of TPU School of Non-Destructive Testing

¹Dolmatov Dmitry Olegovich, engineer, Tomsk Open Laboratory for Material Inspection (TOLMI), TPU School of Non-Destructive Testing

²Portenko Viktoria Alexandrovna, master degree student, Institute of Economics and Management

¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, e-mail: bolotina@tpu.ru

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,
e-mail: imaginehowhard@gmail.com

The paper discusses the analysis of the feasibility to conduct robotic nondestructive inspection of composite materials. The schematic diagram of the robotic inspection system designed by TPU staff is presented. The results of experimental studies performed using the sample of honeycomb structure with porosity are discussed. The results confirmed the efficiency of the developed inspection system for quality control.

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РЫБНЫХ КОНСЕРВОВ

Будченко Наталья Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации
производственных процессов

Долгий Николай Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации
производственных процессов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.budchenko@klgtu.ru; dolgi@klgtu.ru

В статье рассматриваются вопросы повышения качества контроля герметичности рыбных консервов в поточном производстве. На основе совместного использования средств технического зрения, микрофокусной рентгенодефектоскопии и разрушающего контроля разработан алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов. Применение указанного алгоритма контроля позволит повысить точность настройки закаточной машины и автоматизировать технологический участок закатывания банок рыбоконсервной линии.

Консервы – это продукт, обладающий высокими вкусовыми качествами и большим сроком хранения. Для производства консервов используются практически все виды рыбного сырья [1]. Основными задачами производства рыбных консервов являются повышение качества, расширение ассортимента и увеличение объема выпуска.

Рыбоконсервные предприятия выпускают огромный ассортимент консервов. В жестяной таре производят рыбные консервы различных ассортиментных групп: натуральные, в масле, томатном соусе, маринаде и других заливках.

Для изготовления рыбных консервов используют в основном жестяные банки, отличающиеся типоразмером. Они могут быть по конструкции сборными или цельноштампованными, имеющими различную форму: цилиндрическую, овальную или эллиптическую.

Герметичность – обязательный показатель качества консервов. Обзор результатов исследований и функционирования рыбноконсервных комбинатов с точки зрения гарантированного выполнения указанного показателя качества подтверждают целесообразность дальнейшего совершенствования алгоритмов и устройств автоматизированных систем контроля и управления герметизацией консервов в условиях поточного производства. В частности, используемые в настоящее время системы герметизации консервов не содержат перенастраиваемых устройств управления закаточной машиной и устройств бесконтактного контроля герметичности консервов. В существующих системах производства герметичность консервов проверяется обычно по измерению утечки газа (пузырьковый способ) или падению давления в таре (манометрический способ). Для указанных способов контроля герметичности характерны использование ручного труда, субъективность оценки результатов и длительность процесса контроля. Это приводит к тому, что использовать эти методы при комплексной автоматизации консервной линии рыбокомбината на данный момент затруднительно. По существу, в настоящее время на рыбноконсервных комбинатах используется выборочный контроль герметичности консервов, выполняемый с нарушением целостности банки, что может привести к серьезным, нежелательным последствиям для потребителя, и с другой стороны снизить производительность рыбноконсервной линии.

Перспективным способом контроля герметичности является автоматизированный бесконтактный способ контроля с использованием средств технического зрения, применимый к поточным непрерывным производствам. При этом важной задачей является использование неразрушающего способа контроля герметичности, позволяющего снизить количество бракованных банок.

К неразрушающим методам контроля герметичности консервов относят визуальный осмотр, а также методы, основанные на использовании средств технического зрения [2], средств рентгенодефектоскопического контроля [3]. Первые два метода в принципе позволяют оценить

качество закаточного шва по внешним параметрам: толщина и ширина шва, глубина посадки крышки. Рентгенодефектоскопический комплекс рекомендуется использовать для контроля внутренних показателей качества закаточного шва: степень волнистости крючка крышки (дна), ширина крючка крышки и корпуса, перекрытие шва.

Высказано мнение, что совершенствование технологии производства консервной продукции может быть достигнуто использованием современных знаний и устройств из области технического зрения и рентгеновской дефектоскопии. В совокупности применение средств технического зрения и рентгеновской дефектоскопии позволит существенно увеличить достоверность измерений параметров закаточного шва и снизить брак при неправильной настройке закаточной машины, повысив при этом производительность работы рыбоконсервной линии.

На рисунке 1 приведена схема двойного закаточного шва консервной банки, который образуется закатыванием крышки в корпус, и выполняется в две последовательные операции: образование шва и образование двойного закаточного шва с последующим его уплотнением. По структуре закаточный шов содержит пять слоев жести, из которых три слоя образованы крышкой и два – корпусом. В месте продольного шва (сборная банка) закаточный шов состоит из семи слоев [4].

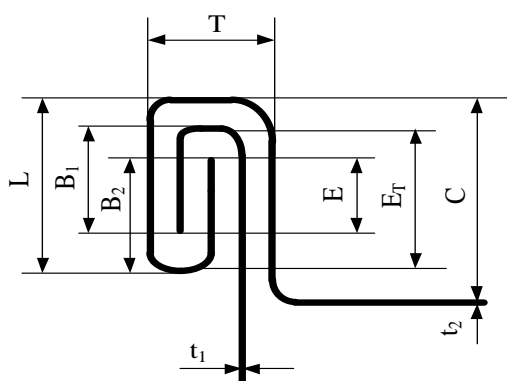


Рис. 1. Схема двойного закаточного шва: t_1 – толщина материала банки; t_2 – толщина материалы крышки; L – ширина закаточного шва; C – глубина посадки крышки; B_1 – ширина крючка банки; B_2 – ширина крючка крышки; T – толщина закаточного шва; E – ширина перекрытия закаточного шва; E_T – теоретическая ширина перекрытия закаточного шва

Точное соблюдение геометрической формы закаточного шва и отсутствие дефектов определяет механическую прочность шва и других показателей, обуславливающих производство качественных рыбных консервов.

В соответствии с ГОСТ 5981-2011 «Банки и крышки к ним металлические для консервов. Технические условия» закаточный шов должен быть гладким и плотно прикатанным по всему периметру к корпусу банки, без накатов и подрезов, заусенцев и волнистости, влияющей на герметичность. Для контроля размеров закаточного шва применяют шаблонную металлическую линейку с вырезами, соответствующими геометрическим размерам элементов шва. На производстве для контроля качества закаточного шва применяют специализированные проекционные аппараты, с помощью которых исследуют вырезанные сегменты консервных банок, тем самым имея возможность контролировать правильную настройку закаточной машины [5].

Тем не менее выполняемый контроль состояния закаточного шва не делает окончательный вывод о герметичности банки и поэтому далее необходимо сопоставить полученные геометрические значения элементов с размерами нормального (эталонного) шва.

Для экспериментальной проверки возможности контролировать качество выполнения внутренних элементов закаточного шва проводились опыты по рентгенодефектоскопии перекрытий слоев жести исследуемых банок.

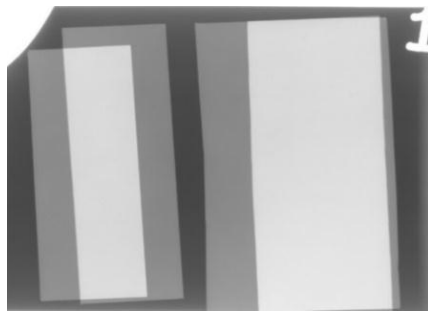


Рис. 2. Рентгенограмма областей перекрытия

На рисунке 2 показана рентгенограмма областей, на которой наглядно продемонстрировано, как происходит перекрытие при наложении двух листов жести одного под другим, смещенного относительно него на угол приблизительно 10-20°.

На данной рентгенограмме видно, что зона перекрытия двух листов жести выделяется на снимке четко. Это дает основание использовать данный метод для диагностики внутренних элементов конструкции консервных банок.

В последнее время с развитием областей использования микрофокусной рентгенографии появилась возможность применять ее для оценки качества закаточного шва. Достоверность результатов рентгенографии швов проверялась методом разрушающего контроля, при котором в конкретной выборке банок исследовались сегменты с закаточным и продольным швами с помощью проекционного аппарата.

На рисунке 3 приведена рентгенограмма, на которой наглядно виден дефект закаточного шва, связанный с отклонением по ширине шва от его номинального значения.



Рис. 3. Рентгенограмма закаточного шва с дефектом по ширине шва

Затемненные области, выделяемые на рентгенограммах являются признаком образующихся зон негерметичностей и, следовательно, они определяются как дефекты, свидетельствующие о нарушении герметичности в местах соединения крышки с корпусом банки.

На рисунке 4 приведена область, свидетельствующая о дефекте закаточного шва. Корпус банки в отдельных областях не соединяется с крышкой, вследствие того, что ролик закаточной машины зажимает поверхность жести, и таким образом, деформируя закаточный шов. Появление данного дефекта возможно в том случае, если, например, под закаточный ролик может попасть часть содержимого консервной банки вследствие неправильной настройки параметров закаточной машины или посторонний предмет при несоблюдении регламента ее работы.

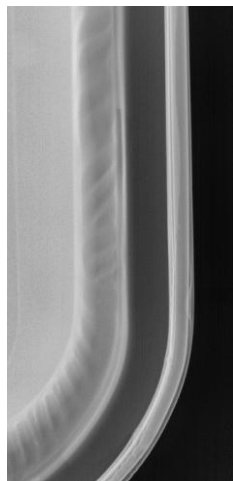


Рис. 4. Рентгенограмма с нарушением соединения крышки с корпусом банки

Совместным использованием средств технического зрения, микрофокусной рентгенографии и разрушающего контроля путем механического вскрытия шва можно проводить диагностику состояния как внутренних, так и внешних элементов закаточного шва и, таким образом контролировать состояние всего закаточного шва, а также контролировать возможные утечки, свидетельствующие о наличии негерметичностей на закаточном и продольном швах консервных банок [6]. В совокупности использование этих методов контроля позволяет разработать алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов.

Применение системы технического зрения позволяет выполнить дефектацию консервной банки путем анализа изображений ее возможных дефектов и активных подтеков содержимого негерметичной банки. Для решения указанных задач используются алгоритмы машинного обучения. В ходе экспериментальных работ исследовался ряд выборок определенных типоразмеров банок с различными видами дефектов [7]. Для анализа изображений дефектов использовались такие инструменты контроля, реализованные в системе технического зрения, как контроль отклонения по геометрическим размерам от эталонной банки и контроль по неоднородности цвета. Контроль отклонения геометрических размеров позволяет обеспечить правильную настройку параметров закаточной машины, входящей в состав рыбоконсервной линии, корректируя положение роликов первой и второй операции. Контроль по неоднородности цвета позволяет определять утечки содержимого в зоне закаточного шва негерметичных банок. Появление утечек в этом случае является прямым показателем разгерметизации консервной банки.

Начальная настройка закаточной машины, возможная перенастройка ее параметров в процессе работы рыбоконсервной линии могут выполняться в соответствии с приведенным в статье алгоритмом на основе информации, которая поступает в режиме реального времени от системы технического зрения (СТЗ), рентгенодефектоскопии, а также дополнительным использованием разрушающего контроля с применением проекционного аппарата.

В качестве основного метода контроля используется метод, основанный на использовании системы технического зрения и механического вскрытия шва. Облегчить процедуру контроля можно, если применить рентгенодефектоскопию для оценки внутренних параметров закаточного шва. Однако при этом необходимо выяснить обеспечивает ли рентгенодефектоскопия необходимую точность измерения. Если результаты измерений внутренних параметров закаточного шва с использованием рентгенодефектоскопии отличаются от данных, полученных применением механического вскрытия шва не более, чем 10%, то можно ограничиться результатами, получаемыми при рентгенодефектоскопии. Погрешности измерений внутренних параметров шва определяются в основном типоразмером консервной банки и толщиной жести.

Алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов, основанный на совместном использовании информации от элементов технического зрения и механического вскрытия шва приведен на рисунке 5. Разработанный алгоритм определяет следующую последовательность действий: коррекция внешних и внутренних элементов закаточного шва по геометрическим размерам, контроль герметичности банки по возможным утечкам их содержимого.

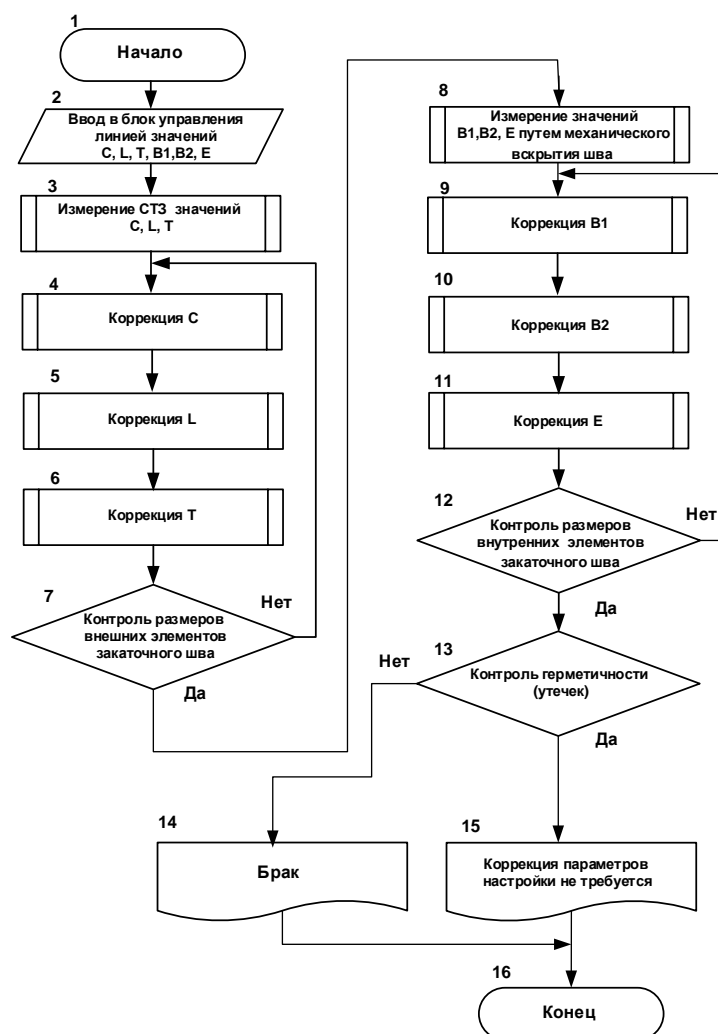


Рис. 5. Алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов

Разработанный алгоритм автоматизированного контроля герметичности рыбных консервов обеспечивает выполнение операций дефектоскопии консервов с учетом коррекции внешних и внутренних элементов закаточного шва и повышает точность настройки закаточной машины. Использование данного алгоритма при проектировании систем автоматизации и управления закаточной машиной способствует повышению качества контроля герметичности и безопасности рыбных консервов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхова, С.А. Технология продуктов из гидробионтов/ С.А. Артюхова, В.Д. Богданов, В.М. Дацун и др.; Под. ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
2. Долгий Н.А. Автоматизированная система контроля герметичности консервов/Н.А. Долгий, С.П. Сердобинцев//Автоматизация и современные технологии. Ежемесячный межотраслевой научно-технический журнал, Москва, Изд. Машиностроение, №1, 2011г., С.14 – 16.
3. Нино, В.П. Рентгенодефектоскопический комплекс для неразрушающего экспресс-контроля качества закаточного шва и содержимого консервной продукции/ В. П. Нино // Рыбное хозяйство. - 2014. -№ 1. - С. 86-89.
4. Дегтярев, В.Н. Герметизация консервной тары. Учебное пособие/ В.Н. Дегтярев. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. – 123с.
5. ГОСТ 8756.18–2017. Консервы. Методы определения внешнего вида, герметичности упаковки и состояния внутренней поверхности упаковки. Москва: Стандартинформ, 2017. - 8с.

6. Долгий, Н.А. Неразрушающий метод контроля герметичности консервов в поточном производстве/ Н.А. Долгий, Л.Т. Серпунина, С.П. Сердобинцев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. №1, 2016г., С.113-118.

7. Долгий, Н.А. Применение методов машинного обучения к анализу изображений дефектов консервных банок с целью контроля их герметичности/ Н.А. Долгий, Д.В. Чаплыгин//Известия КГТУ. Научный журнал, Калининград, Изд. ФГБОУ ВО «КГТУ», №43, 2016г., С. 121-131.

ALGORITHM FOR AUTOMATED LEAK CONTROL OF CANNED FISH

Budchenko Natalia Sergeevna, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Industrial Automation

Dolgi Nikolay Alexeevich, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Industrial Automation

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.budchenko@klgtu.ru; dolgi@klgtu.ru

The article deals with the issues of improving the quality of control of tightness of canned fish in in-line production. Based on the joint use of technical vision, microfocus x-ray diffectoscopy and destructive testing, an algorithm for automated leak control of canned fish has been developed. The use of this control algorithm will improve the accuracy of the setting of the seaming machine and automate the technological section of rolling cans of the fish canning line.

УДК 681.5.075

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ БЛАНШИРОВАНИЯ РЫБЫ

Будченко Наталья Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов

Долгий Николай Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.budchenko@klgtu.ru; dolgi@klgtu.ru

В статье приведена система автоматизации двухкамерного бланширователя с применением контроллера ОВЕН ПЛК-73, обеспечивающего регулирование температуры по ПИД-закону в камерах проваривания и подсушивания путем непрерывного изменения расхода пара. Синтезирована САР температуры в камерах бланширователя, получены графики переходных процессов по каналам управления и возмущения. В среде CoDeSys 2.3 разработаны программа и мнемосхема управления процессом бланширования рыбы.

Предварительная тепловая обработка рыбы при производстве консервов является важнейшей технологической операцией, определяющей вид выпускаемых консервов и их вкусовые достоинства.

Процесс бланширования рыбы более предпочтителен по сравнению с обжариванием и другими видами предварительной тепловой обработки (горячее копчение, пропекание, подсушивание) с точки зрения комплекса показателей, учитывающих органолептические оценки и пищевую ценность получаемых консервов, возможность автоматизации технологического процесса, затраты ресурсов и область использования [1].

Основное отличие бланшированной рыбы от обычной с добавлением масла - ее повышенная полезность. Куски рыбы обрабатываются острым паром, что позволяет сохранить максимум полезных свойств. Выпускаются следующие виды консервов из бланшированной рыбы: скумбрия атлантическая, сардина атлантическая, сайра тихоокеанская, сельдь атлантическая бланшированная в масле и т.д.

Бланширование может проводиться в различной среде: острым паром, в масле, горячим тузлуком и воздухом.

В процессе производства некоторых видов рыбных продуктов, например, консервов «Сардина в масле», рыбу бланшируют в среде водяного пара. При бланшировании рыба частично обезвоживается, мясо уплотняется и уменьшается в объеме, частично удаляется воздух, а также частично уничтожаются микроорганизмы, что повышает качество готовой продукции.

Бланширователи разделяются на аппараты периодического и непрерывного действия. Пособий и книг для изучения процесса бланширования рыбы в последние годы почти не издавалось, особенно по вопросам ведения процесса бланширования с помощью приборов автоматического контроля и регулирования.

Двухкамерный бланширователь наиболее часто используется на рыбообрабатывающих предприятиях и представляет собой сварной каркас, в который вмонтированы основные узлы: камера проваривания, камера подсушивания. Конструктивно со стороны секции подсушки располагается узел загрузки и выгрузки банок (см. рисунок 1).

Двухлинейный цепной конвейер приводится в движение от электродвигателя (позиция 8г). Банконосители, подвешенные к цепному конвейеру имеют вид противень, выполненных конструктивно с перфорированным днищем через который бульон стекает в специальную емкость.

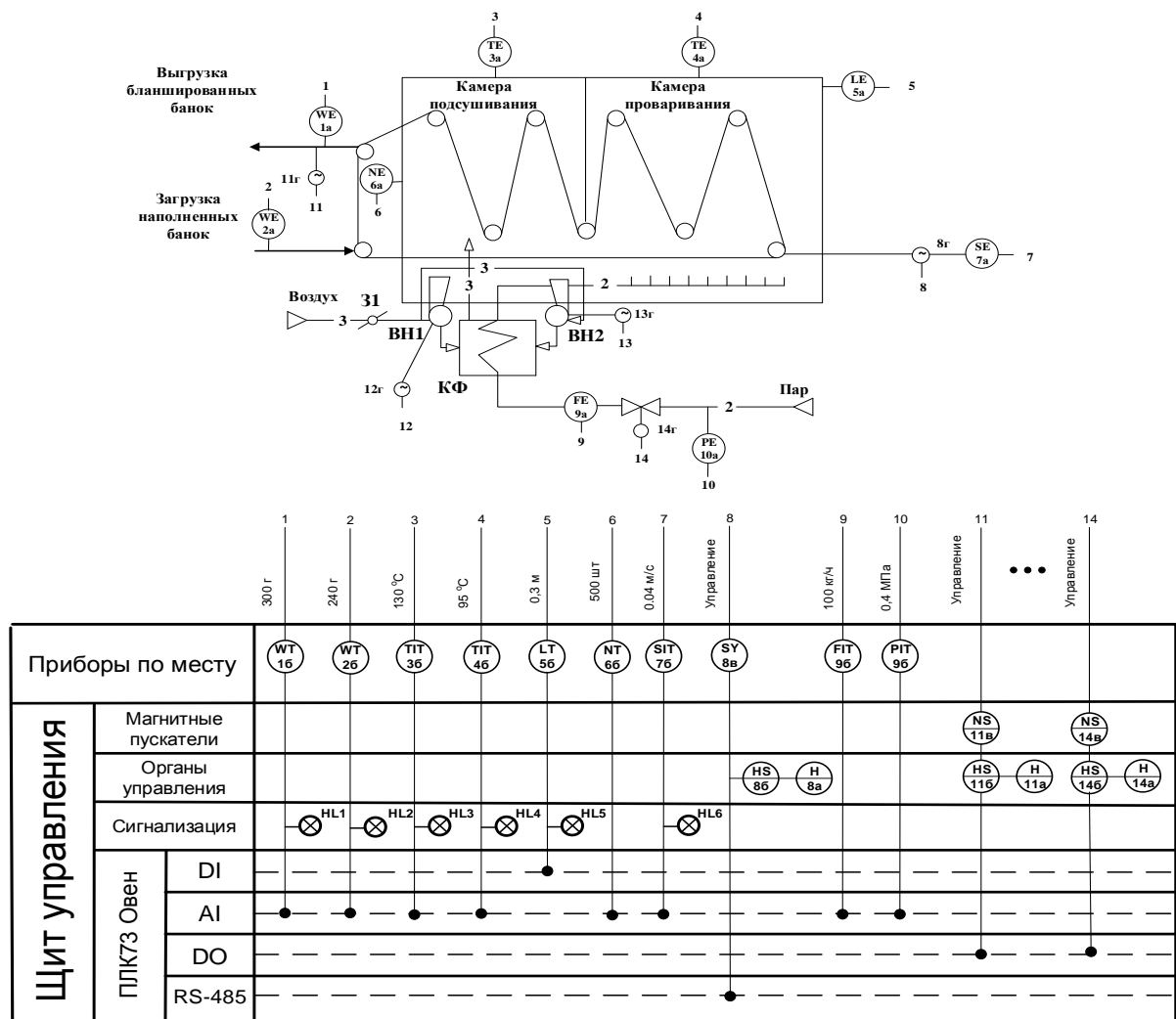


Рис. 1. Схема автоматизации двухкамерного бланширователя

Между камерами смонтированы два вентилятора (ВН1 и ВН2) с электродвигателями (позиция 12г, 13 г) и калорифером (КФ). Распределение пара в камеру проваривания обеспечивается двенадцатитрубным коллектором, расположенным по всей придонной области камеры. Вентилятор около камеры подсушки ВН1 нагнетает в нее горячий воздух, подогреваемый в калорифере.

Работа бланширователя происходит следующим образом. Температура продукта при поступлении в бланширователь составляет 12-15 °С. Банки с продуктом, подготовленные к бланшированию подаются в банкносите́ль на поддоне. После этого они переворачиваются с поддоном на 180° и устанавливаются таким образом в положении вверх дном. Далее включается цепной конвейер, на котором за штанги подвешен банкносите́ль, предварительно закрытый крышкой. Он перемещает банки с рыбой по направлению камеры проваривания, в которой обеспечивается заданный температурный режим 95 °С за счет подачи пара. В результате проваривания продукт частично обезвоживается.

Банки в камере проваривания движутся доньшком вверх, бульон из них свободно стекает вниз и через поддон бланширователя отводится из аппарата. Далее банки с рыбой поступают в камеру подсушивания, где оказываются в среде циркулирующего горячего воздуха температурой 130 °С. Циркуляция воздуха обеспечивается нагнетающим вентилятором, соединенным с камерой подсушивания воздуховодами.

Прошедшие камеру подсушивания банкносите́ли снимаются с цепного конвейера, банки вынимаются из банкносите́ля и направляются на последующую обработку [2].

Для изменения скорости банкносите́ля предусмотрен вариатор, обеспечивающий продолжительность проваривания в пределах 24-32 минут, подсушивания 12-18 минут.

На качество бланширования рыбы влияют такие факторы, как продолжительность процесса, температура в камерах бланширователя, жирность рыбы, наличие чешуи, продолжительность хранения мороженой рыбы до обработки, остатки внутренностей, икры, молоко. Значение потери массы находится в прямой зависимости от температуры и продолжительности бланширования и в обратной зависимости от содержания жира в мясе [3].

В работе предложена схема автоматизации, которой предусмотрено дистанционное управление всеми исполнительными механизмами (позиции 8г, 11г, 12г, 13г, 14г).

Контроль технологических параметров, стабилизация расхода пара и температуры в камерах осуществляется контроллером, используемым для создания системы автоматизированного управления технологическим оборудованием бланширователя [4].

Средства управления бланширователем сосредоточены на щите управления. На приборную панель щита выведена аварийно-предупредительная (световая) сигнализация о недопустимом снижении уровня масла (позиция НЛ5) в капельных масленках для смазки деталей. Отклонение значения давления пара от допустимого осуществляется контроллером.

Потеря массы при бланшировании определяется по результатам взвешивания банок с рыбой на входе и выходе из бланширователя тензометрическими датчиками компании Scaime. Тензодатчики веса обеспечивают измерение веса от 200 грамм и могут функционировать в большом диапазоне температур (позиция 1а, 2а). Число банок, подаваемых в бланширователь определяется счетчиком (позиция 6а).

Сигналы от датчиков температуры в камере проваривания (позиция 4а), расхода пара (позиция 9а) и температуры в камере подсушивания (позиция 3а) поступают на аналоговые входы контроллера ОВЕН ПЛК 73. В случае отклонения от заданных значений температуры в камерах проваривания, подсушивания или потери массы автоматически регулируется расход пара и (или) изменяется скорость циркулирующего воздуха.

Управляемый электропривод с асинхронным электродвигателем и датчик скорости (позиция 7а) используются в контуре регулирования скорости транспортера, которая определяется ПЛК с учетом фактических потерь массы рыбы, текущих температур в камерах подсушки и проварки, а также значений расхода пара.

Экспериментально найденные динамические модели бланширователя приведены в таблицах 1 и 2.

Передаточные функции незагруженного бланширователя

Передаточная функция	Выходная величина	Входная величина
$W(p) = \frac{317e^{-180p}}{197p + 1}$	Температура в камере проваривания, °С	Расход пара, кг/с
$W(p) = \frac{371e^{-78p}}{262p + 1}$	Температура в камере подсушивания, °С	Расход пара, кг/с

Таблица 2

Передаточные функции бланширователя в рабочем режиме

Передаточная функция	Выходная величина	Входная величина
$W(p) = \frac{0.05e^{-343p}}{426p + 1}$	Температура в камере проваривания, °С	Подача сырья, % загрузки
$W(p) = \frac{0.083e^{-40p}}{79p + 1}$	Температура в камере подсушивания, °С	Подача сырья, % загрузки

Соотношение $0.2 < \frac{\tau}{T} < 1$ позволяет использовать непрерывное регулирование. Проверим возможность применения ПИД регулятора.

Реализация системы регулирования температуры в камерах проваривания и подсушивания бланширователя с использованием ПИД-регулятора в среде Vissim приведена на рисунках 2-5.

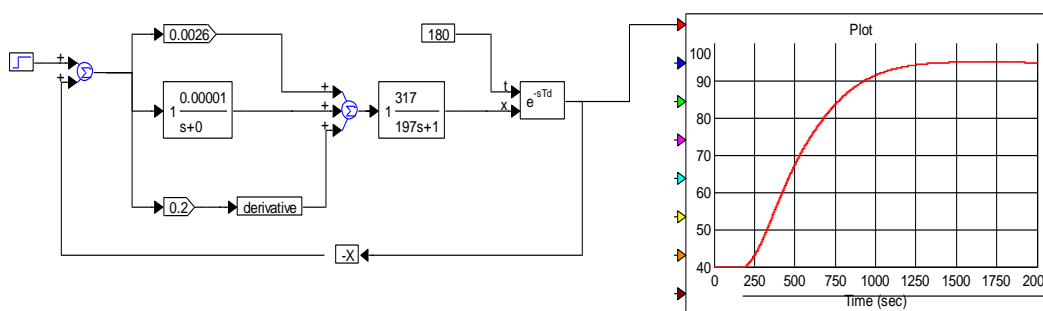


Рис. 2. Регулирование температуры в камере проваривания по каналу управления

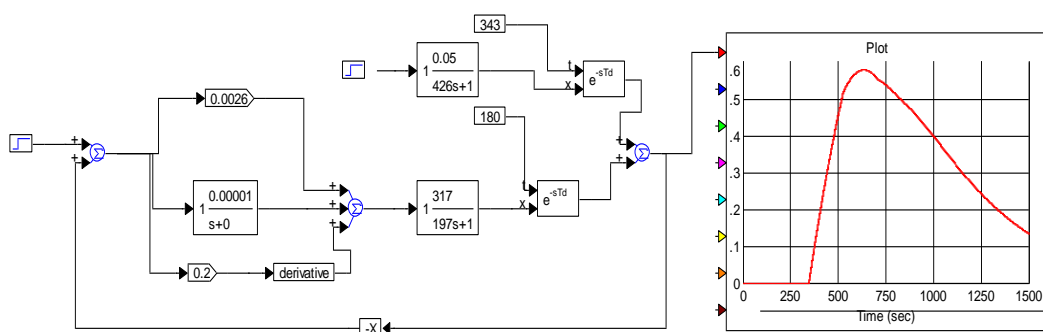


Рис. 3. Регулирование температуры в камере проваривания по каналу возмущения

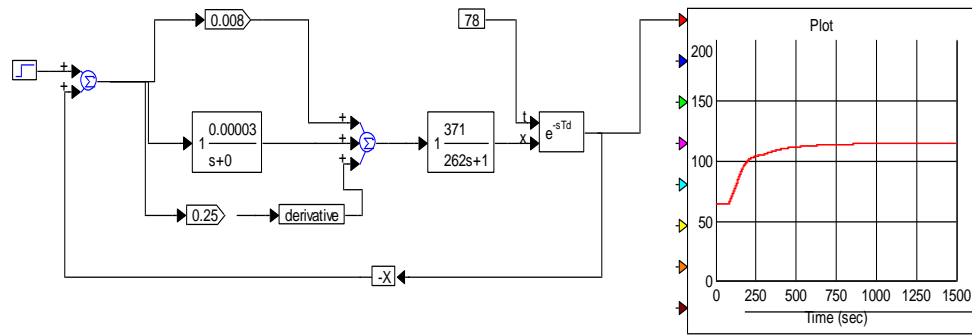


Рис. 4. Регулирование температуры в камере подсушивания по каналу управления

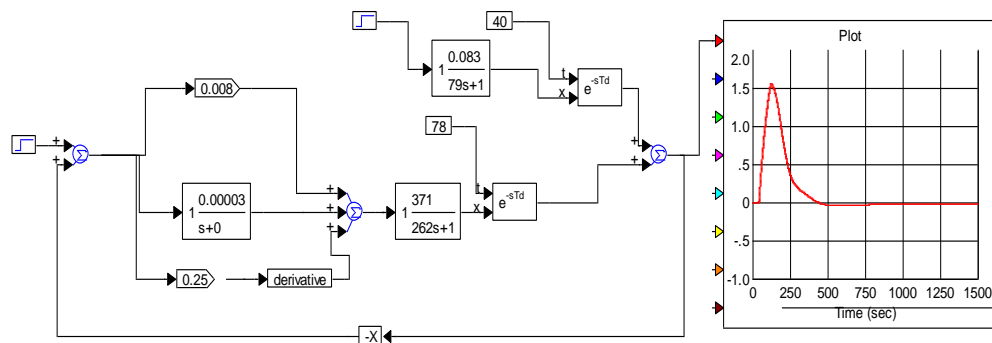


Рис. 5. Регулирование температуры в камере подсушивания по каналу возмущения

Фактические значения показателей качества регулирования определяются по графикам (рисунки 2-5): максимальное динамическое отклонение $x_a = 1.5^\circ\text{C}$, время регулирования – в пределах заданных значений; перерегулирование – отсутствует.

Полученные фактические показатели качества регулирования показывают, что ПИД-регулятор удовлетворяет поставленным требованиям.

Алгоритм функционирования ПЛК73 задается в режиме программирования контроллера. Программирование контроллера выполнялось в инструментальной среде CoDeSys 2.3, в которой поддерживаются все языки программирования стандарта МЭК 61131-3 [5].

Для визуализации и наглядности управления двухкамерным бланширователем разработана мнемосхема, изображенная на рисунке 6.

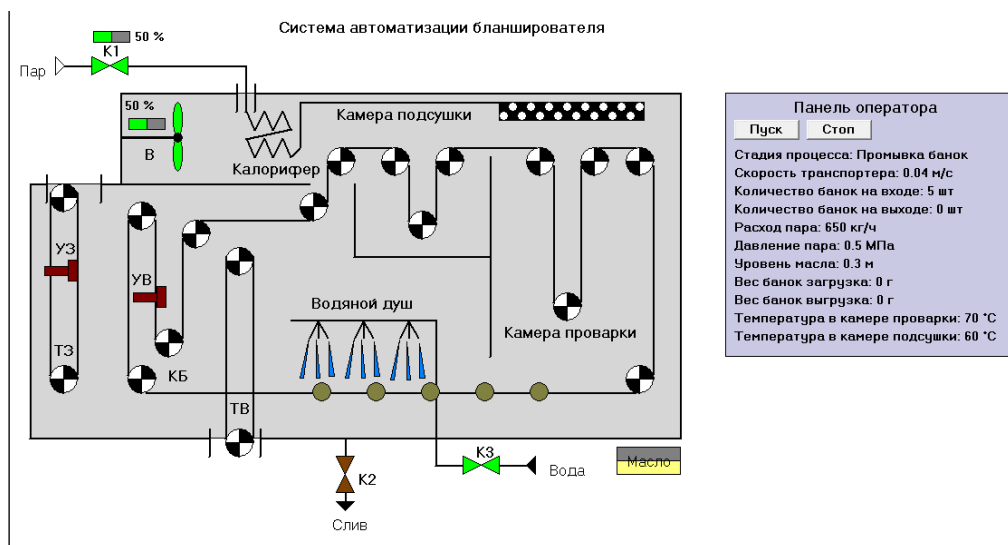


Рис. 6. Мнемосхема управления двухкамерным бланширователем

Приведенная мнемосхема обеспечивает комфортную работу оператора с автоматизированной системой управления бланширователем.

Разработанная система управления двухкамерным бланширователем может быть использована для усовершенствования уже существующих систем управления, способствует повышению качества регулирования основных параметров, характеризующих процесс, тем самым стабилизируя качество готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердобинцев, С. П. Совершенствование процесса обжаривания рыбы / С. П. Сердобинцев, Н. С. Будченко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2003. – №1. – С. 46-50.
2. Чупахин, В.М. Оборудование рыбоперерабатывающих предприятий: учеб. пособие/ В. М. Чупахин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Пищевая промышленность, 1974. - 320 с.
3. Сердобинцев, С.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов в рыбной промышленности: Учеб /С.П. Сердобинцев. - Москва: Колос, 1994. - 335 с.
4. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования: практическое пособие / И.В. Петров; ред. В.П. Дьяконов. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2004. – 254 с.
5. Сергеев, А.И. Программирование контроллеров систем автоматизации: учебное пособие / А.И. Сергеев, А.М. Черноусова, А.С. Русяев; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 126 с.

THE FISH BLANCHING PROCESS CONTROL

Budchenko Natalia Sergeevna, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Industrial Automation

Dolgi Nikolay Alexeevich, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Industrial Automation

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.budchenko@klgtu.ru; dolgi@klgtu.ru

The article presents an automation system for a two-chamber blancher using the QWEN PLC-73 controller, which provides temperature PID control in the boiling and drying chambers by continuously changing the steam flow. The temperature control in the blanching chambers was synthesized, and graphs of transients through control channels and perturbations were obtained. In the CoDeSys 2.3 environment, a program and mnemonic scheme for controlling the fish blanching process have been developed.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОМОЩИ ОПЕРАТОРУ

Ершов Владислав Евгеньевич, аспирант кафедры автоматизации производственных процессов
Сердобинцев Станислав Павлович, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: vladershov95@mail.ru

В работе рассматривается принцип организации передачи предварительного диспетчерского графика мощности (ПДГ) в технологическую сеть электростанции и создание системы помощи оператору (СПО) в части поддержания ПДГ. Описаны механизмы передачи информации и приведены расчетные формулы параметров СПО.

Введение

Основной технологической инфраструктурой, обеспечивающей функционирование оптового рынка электроэнергии-мощности, является системный оператор (СО). Он планирует рынок «на сутки вперед», в котором производит конкурентный отбор заявок поставщиков электроэнергии и определяет цену и объем поставок электроэнергии. Однако, заранее невозможно точно спрогнозировать количество потребляемой электроэнергии, так как объем потребления, состав сетевого и генерирующего оборудования может измениться. Расчет и доведение до объектов управления графиков генерации при фактическом управлении ЕЭС в режиме реального времени реализуется в рамках балансирующего рынка. Управление режимами в реальном времени основано на минимизации стоимости поставки электроэнергии, а также мерах, делающих невыгодными самовольные отклонения от плановых значений. Участники рынка заинтересованы в точном исполнении графика, заданного СО ЕЭС. Самостоятельное отклонение от заданного режима работы оплачивается участнику по наименее выгодной в данный час цене [1]. Точное поддержание диспетчерского графика снижает колебания частоты и мощности в энергосистеме, а также максимизирует прибыль электростанций, так как отсутствует излишняя (бесплатная) выработка электроэнергии и штрафы за несоблюдение диспетчерского графика.

На электростанции задача по поддержанию диспетчерского графика возложена на машиниста энергоблока. Предварительный диспетчерский график нагрузки получают через электронную почту, либо через специальную программу на отдельном компьютере, не входящем в технологическую сеть электростанции. График распечатывают и отдают машинистам, которые должны соблюдать его в течении рабочей смены. Машинист каждый час изменяет задание блочного регулятора мощности и скорость нагружения энергоблока. В зависимости от оперативной ситуации, дисциплинированности и опыта работника, а также конкретного программно-технического комплекса, время на изменение мощности колеблется от нескольких секунд до нескольких минут. В таком случае, процентное отклонение от диспетчерского графика может достигать 0,5-3%. В случае, когда машинист энергоблока опоздал с изменением нагрузки, для исправления ситуации и выработки требуемого количества энергии, необходимо изменить мощность в допустимом коридоре так, чтобы нивелировать отклонение от диспетчерского графика в течении часа. Это непростая задача, сложность которой возрастает при значительных изменениях мощности в течении часа. Кроме того, такие операции увеличивают возмущения в единой энергосистеме и негативно сказываются на конечных потребителях.

Материалы и методы исследования

Для сведения к минимуму ошибки между вырабатываемой и требуемой мощностью на каждый конкретный час, предлагается использовать систему помощи оператору (СПО), которая

предоставляет оператору непосредственно диспетчерский график нагрузки, а также расчетные параметры, по которым он может оценить качество поддержания ПДГ.

Исходные данные для расчетов СПО – числовые значения вырабатываемой мощности на конец часа, поступающие от системного оператора через систему обмена технологической информацией с автоматизированной системой системного оператора (СОТИ АССО). Текущие коммерческие показания активной мощности поступают со счетчиков из автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ). С помощью средств VisualBasic (макроса) значения мощности ПДГ автоматически выгружаются из программы связи с СО в формате Excel, затем преобразуются и загружаются в систему АИИС КУЭ. Для обмена данными между системами АИИС КУЭ и программно-техническим комплексом автоматизированной системы управления технологическими процессами энергоблока (ПТК АСУТП) используется протокол МЭК-60870-5-104. В ПТК АСУТП передаются 25 показаний – это задания мощности на каждый час и текущая мощность энергоблока. В связи с тем, что в системе ПТК АСУТП нельзя использовать запись в будущее время, показать полностью диспетчерский график на сутки вперед представляется невозможным. Однако, используя смещение, можно вывести на дисплей задание на будущий час. Таким образом, машинист энергоблока заранее может обдумать и спланировать свои действия. Загрузка показаний на следующий день происходит каждые 12 часов, что незаметно для машиниста энергоблока.

В системе ПТК АСУТП реализуются расчетные параметры СПО. Ниже перечислены параметры, выводимые на экран автоматизированного рабочего места машиниста энергоблока:

1. Текущая мощность энергоблока по АИИСКУЭ.
2. Задание мощности на начало часа.
3. Задание мощности на конец часа.
4. Задание мощности на будущий час.
5. Требуемая мощность на текущий момент – вычисляется, как сумма мощности на начало часа и произведения скорости нагружения и прошедшего времени с начала часа.
6. Требуемая скорость нагружения.
7. Фактическая выработка электроэнергии – рассчитывается как интеграл от текущей мощности энергоблока с начала часа до текущего момента времени.
8. Требуемая выработка электроэнергии за час – рассчитывается, как интеграл (в данном случае применима формула площади трапеции) от начала часа до конца часа.
9. Остаток выработки электроэнергии – разница между требуемой электроэнергией за час и фактически выработанной на текущий момент.
10. Прогноз выработки на конец часа при текущем задании мощности – сумма выработанной электроэнергии и прогноза при условии, что мощность, установленная на задатчике мощности, является конечной для текущего часа.

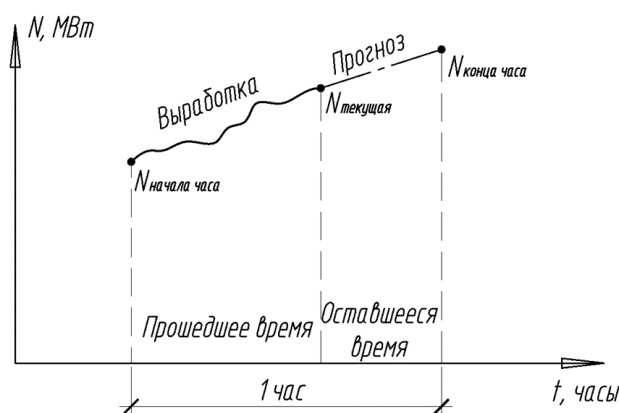


Рис. 1. Графическая интерпретация прогноза выработки на конец часа при текущем задании мощности

11. Остаток выработки при текущем задании мощности – разница между требуемой выработкой электроэнергии и прогнозом выработки на конец часа.

12. Требуемая выработка электроэнергии на текущий момент – вычисляется интеграл от мощности начала часа до мощности, требуемой на текущий момент времени.

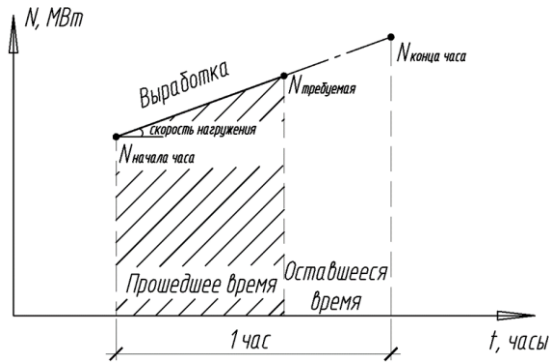


Рис. 2. Графическая интерпретация требуемой выработки на текущий момент

Результаты

Для отображения получаемых выше параметров, диспетчерского графика и регулятора мощности блока была разработана следующая видеодиаграмма (рис. 3). В левой части располагается график текущей мощности, коридор допустимых отклонений мощности и мощность, которую необходимо выработать на текущий момент. В правой верхней части расположен блочный регулятор мощности – задатчики конечной мощности блока и скорости нагужения, статизма и зоны нечувствительности. В нижней правой части расположены параметры, рассчитываемые СПО. Машинист энергоблока в реальном времени может оценить точность поддержания ПДГ и спланировать свои действия в случае отклонения от требуемого графика. В случае, когда до конца часа остается 1 минута, а задание мощности на следующий час отличается от текущего, предусмотрена сигнализация машинисту энергоблока с требованием изменения нагрузки.

Как результат получаем автоматизацию ручной операции передачи диспетчерской информации, повышение информативности выработки электроэнергии и снижение вероятности ошибки оператора энергоблока.

Дальнейшее развитие системы представляется в виде автоматической загрузки параметров мощности и скорости в регулятор мощности блока.

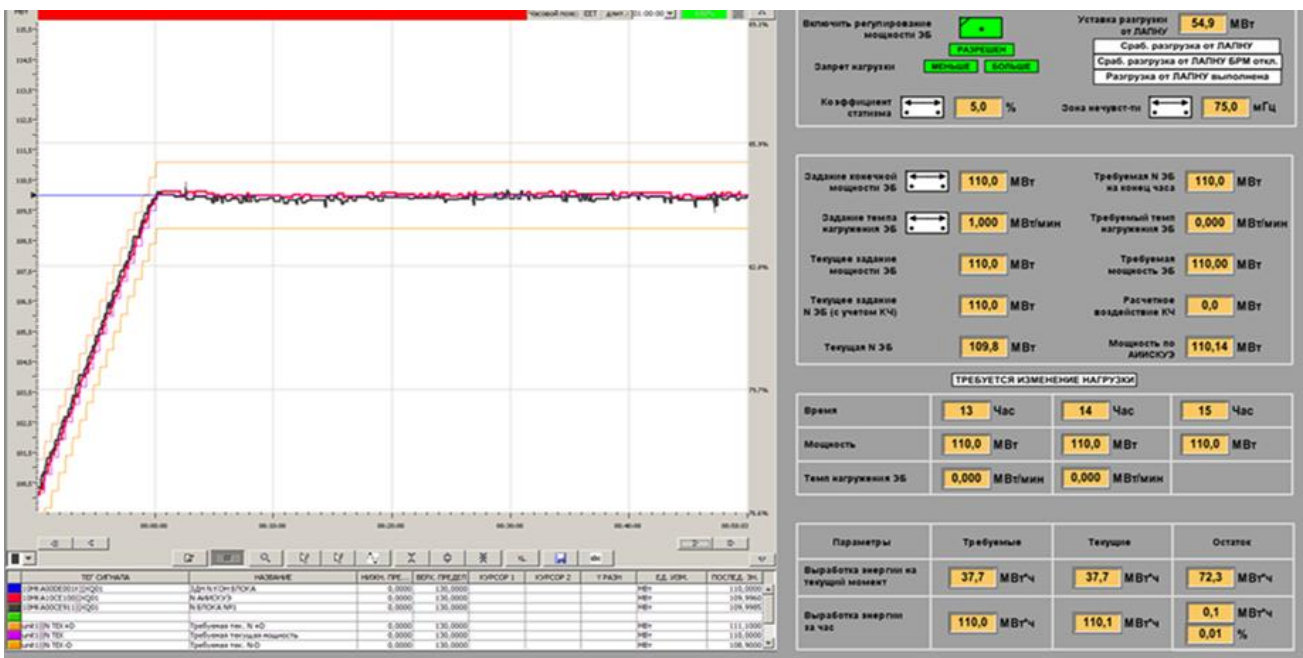


Рис.3. Видеодиаграмма СПО

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологическое обеспечение работы оптовых рынков // URL:<http://so-ups.ru/index.php?id=markets>.

OPERATOR ASSISTANCE INFORMATION SYSTEM

Ershov Vladislav Evgenevich, graduate student of the department of automation of production processes;
Serdobincev Stanislav Pavlovich, PhD in Technical Science, professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: vladershov95@mail.ru

The article considers the principle of organizing the transfer of a load curve to the technological network of a power plant and the creation of an operator assistance system in terms of maintaining load curve. The information transfer mechanisms are described and the calculation formulas of the operator assistance system parameters are given.

УДК 664.95:628.3:681.5(06)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РЫБООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Паршилкина Анна Алексеевна, ассистент кафедры автоматизации технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: anna.parshilkina@klgtu.ru

В статье описан процесс очистки сточных вод рыбообработывающего предприятия, оснащенного копильным, посольным, обжарочным цехами, объем сточных вод которого составляет 700 м³/сут. Описаны результаты обследования, проведенного с целью оптимизации процесса очистки сточных вод, предложены варианты решения обозначенных проблем. Статья может быть актуальна не только для рыбообработывающих предприятий, но и пищевой промышленности в целом.

Введение

Недостаточно очищенная вода несет в себе серьезную угрозу для экологического равновесия водоемов, сокращает срок службы инженерных сооружений и вспомогательного оборудования (трубы, насосы, фильтры), влечёт за собой сложности с природоохранными организациями и, как следствие, значительные штрафы для предприятия. На сегодняшний день вопрос о методах и способах очистки сточных вод, режимах работы аппаратов, задействованных в процессе очистки сточных вод, остается актуальным и открытым для инженеров данной отрасли и науки в целом.

Сточные воды рыбообработывающих предприятий характеризуются высоким содержанием белков, жиров, взвешенных веществ, высокими значениями биохимического и химического потребления кислорода. В процессе переработки рыбного сырья более 50% его удаляется в отходы (чешуя, внутренности, головы, плавники), часть этих отходов уносится промывной водой, что оказывает существенное влияние на характеристику сточных вод и приводит к образованию специфических осадков [1, с.6]. Состав сточных вод рыбообработывающих предприятий напрямую зависит от мощности предприятия и

ассортимента выпускаемой продукции, а необходимая степень очистки определяется тем, куда осуществляется отведение очищенной воды: в водоем или в централизованные сети водоотведения.

Технология очистки

Проведено обследование рыбообрабатывающего предприятия, включающего в себя: холодильное, посольное, пресервное, копильное, жиромучное производство, обрабатывающее горбушу, сельдь, скумбрию, ставриду, судак, тунец, кильку. Объем отводимых сточных вод составляет 700м³/сутки, очищенная вода отводится в централизованную канализационную сеть.

В таблице 1 приведен усредненный состав сточной воды обследуемого предприятия и предельно допустимые концентрации (далее ПДК) для отведения в канализационную сеть и, для сравнения, предельно-допустимые концентрации для отведения в рыбохозяйственный водоем первой категории[2, с.77].

Таблица 1

Сравнение фактического состава сточной воды и ПДК

№ п/п	Наименование	Фактическое значение	ПДК (канализационные сети)	ПДК(р/х 1 категории)
1	Взвешенные вещества, мг/л	1200	300	2,75
2	ХПК, мг О ₂ /л	2000	500	30
3	БПК, мг О ₂ /л	1300	300	3,0
4	Жиры, мг/л	800	50	-
5	Хлориды(хлорид-анион),мг/л	500	1000	300
6	Сульфаты(сульфат-анион), мг/л	10	1000	100
7	Фосфор, мг/л	30	12	0,11
8	Азот общий, мг/л	60	50	35
9	Азот аммонийный, мг/л	20	-	0,4
10	Температура(в зимний период), °С	+12	+40	12-30
11	рН,ед.	7.7	6-9	6,5-8,5

Очистка сточных вод рыбообрабатывающих предприятий проводится в 2 этапа:

1. Механическая очистка.
2. Биологическая очистка.

Механическая очистка на обследуемом предприятии состоит из:

1. Механизированной решетки.
2. Канализационной насосной станции.
3. Барабанной решетки.
4. Усреднителя.
5. Камеры смешения очищаемой воды с раствором коагулянта.
6. Камеры смешения очищаемой воды с раствором извести.
7. Ёмкости приготовления раствора коагулянта.
8. Ёмкости приготовления раствора извести.
9. Ёмкости приготовления раствора флокулянта.
10. Аэрируемого флотатора.
11. Бассейна очищенной воды.
12. Бака сбора флотошлама.
13. Шнека.
14. Ёмкости сбора воды, выжимаемой шнеком.

Структурная схема очистки сточных вод обследуемого рыбообрабатывающего предприятия приведена на рисунке 1.

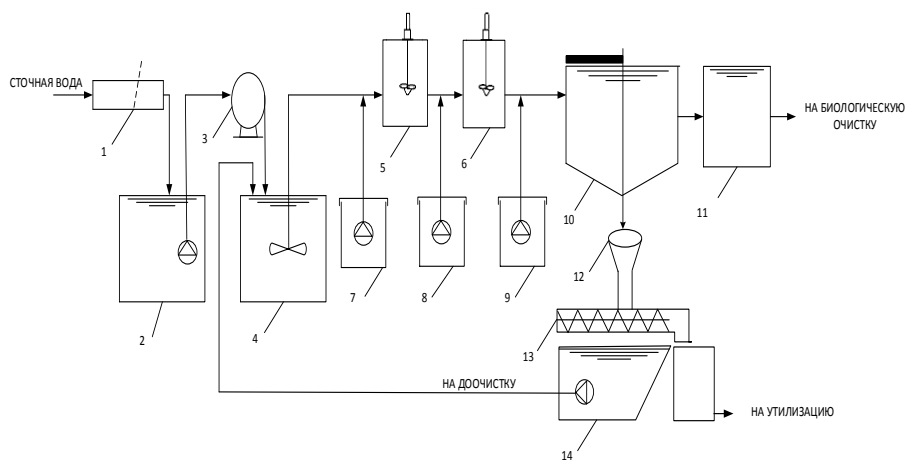


Рис. 1. Структурная схема очистки сточных вод рыбообработывающего предприятия
 1-механизированная решетка, 2-канализационная насосная станция, 3-барабанная решетка, 4-усреднитель, 5-камера смешения сточной воды с раствором коагулянта, 6-камера смешения сточной воды с раствором извести, 7-ёмкость приготовления раствора коагулянта, 8-ёмкость приготовления раствора извести, 9-ёмкость приготовления раствора флокулянта, 10-аэрируемый флотатор, 11-бассейн очищенной воды, 12-бак сбора флотошлама, 13-шнек, 14-ёмкость сбора воды.

Эффективность принятой схемы очистки продемонстрирована в таблице 2, курсивом выделены позиции, превышающие ПДК.

Таблица 2

Результаты механической очистки

№ п/п	Показатели	Исходный состав	После барабанной решетки	После усреднителя	После реагентной флотации
1	Взвешенные вещества, м/л	1200	1100	1100	300
2	ХПК, мг O ₂ /л	2000	1900	1900	<i>1350</i>
3	БПК, мг O ₂ /л	1300	1150	1150	850
4	Жиры, мг/л	800	740	530	66
5	Хлориды(хлорид-анион),мг/л	500	500	500	500
6	Сульфаты(сульфат-анион), мг/л	10	10	10	10
7	Фосфор, мг/л	30	30	30	<i>15</i>
8	Азот общий, мг/л	60	60	60	60
9	Азот аммонийный, мг/л	20	20	20	20
10	Температура(в зимний период), °С	+12	+12	+12	+12
11	рН,ед.	6.5	6.5	6.5	7.5

Из таблицы 2 видно, что механическая очистка значительно снижает жиры, взвешенные вещества, но почти не снижает ХПК, БПК, азот. Для снижения этих показателей необходимо проводить биологическую очистку. Результаты анализов проб воды после проведения биологической очистки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты биологической очистки

№ п/п	Показатели	После механической очистки	После биологической очистки
1	Взвешенные вещества, м/л	300	5
2	ХПК, мг O ₂ /л	<i>1350</i>	40
3	БПК, мг O ₂ /л	850	10
4	Жиры, мг/л	66	1
5	Хлориды(хлорид-анион),мг/л	500	500

6	Сульфаты(сульфат-анион), мг/л	10	10
7	Фосфор, мг/л	15	1,0
8	Азот общий, мг/л	60	1,2
9	Азот аммонийный, мг/л	20	0,4
10	Температура(в зимний период), °С	+12	12
11	рН,ед.	7.5	7,5

Из таблицы 3 видно, что результат очистки удовлетворяет требованиям, предъявляемым к степени очистки сточной воды рыбообрабатывающих предприятий, отводимых в канализационную сеть.

Описание процесса очистки

Сточная вода, образуемая в процессе обработки и приготовления рыбной продукции (кроме копильного и посольного цеха), попадает в желоба, расположенные по периметру производственного помещения, оснащенные решеткой с прозором менее 16 мм, где задерживаются крупные загрязнения, очищенная от крупных загрязнений вода самотёком поступает в канализационную насосную станцию, откуда, по сигналу датчика уровня, перекачивается погружными насосами в очистные сооружения, а именно в барабанную решетку, где происходит сепарация крупных загрязнений и потока воды. Отходы отправляются в накопительную ёмкость, а осветленная вода поступает в усреднитель, где происходит непрерывное перемешивание с целью усреднения объема воды по составу. Погружным насосом, производительность которого постоянна и связана с рассчитанной скоростью процесса очистки, усредненная вода перекачивается в реакционную камеру проточного типа №1, где смешивается с заведомо приготовленным раствором коагулянта, подаваемого погружным насосом из отдельно расположенной ёмкости. Далее вода поступает в реакционную камеру проточного типа №2, где перемешивается с заведомо приготовленным раствором извести, подаваемого погружным насосом из отдельно расположенной емкости. Затем вода, смешанная с коагулянтом и раствором извести, по трубопроводу, в который подается заведомо приготовленный раствор флокулянта, поступает в аэрируемый флотатор. Взвешенные вещества вступают в реакцию с добавленными реагентами, происходит интенсивное осаждение крупных агломератов, которые образуют осадок на дне емкости, откуда удаляются по сигналу датчика уровня, и интенсивное поднятие мелкодисперсных примесей на поверхность воды, образующих пенный слой, который удаляется скребковым механизмом. Осветленная вода отводится в бассейн очищенной воды, а шлам проходит процесс обезвоживания в шнеке, затем вывозится на полигон. Вода, образованная в процессе обезвоживания флотошлама погружным насосом перекачивается в усреднитель.

Стоки, образующиеся в копильном цехе, содержат фенолы, являющиеся сильным канцерогеном, а стоки посольного цеха содержат раствор поваренной соли, очищать их по общей схеме запрещено, поэтому на обследуемом предприятии стоки копильного и посольного цехов утилизируют посредством сторонних организаций.

Оценка результатов обследования

В результате проведенного обследования были выявлены следующие недостатки в процессе очистки сточной воды:

1. Реагенты – значительная статья эксплуатационных затрат. Режим дозирования реагентов определяется экспериментальным путем во время пусконаладочных работ, однако, рассчитанная дозировка не может всегда соответствовать реальным потребностям из-за динамического изменения состава сточной воды в зависимости от вида обрабатываемой рыбы, вида изготавливаемой продукции, показателей вторичного загрязнения воды в накопительных емкостях. Такой порядок дозирования приводит к колебаниям выходной величины по заданным показателям качества и не способствует снижению эксплуатационных затрат предприятия.

2. Сточная вода рыбообрабатывающих предприятий склонна к закислению, при этом максимального эффекта от применения реагентов можно добиться только в слабощелочной или ще-

лочной среде. На обследуемом предприятии не предусмотрен контроль и регулировка кислотно-щелочного баланса: в процессе очистки добавляется раствор извести, который имеет свойство ощелачивать воду, но итоговый уровень pH не отслеживается. Превышение необходимого количества раствора извести приводит к выпадению мелового осадка, загрязняющего трубопроводы.

3. Один раз в 7 дней организуется санитарный день, который предусматривает замыв помещений цехов и оборудования с применением моющих средств, происходит залповый сброс воды с повышенным содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые не могут быть нейтрализованы биологическим путем, поэтому несут угрозу жизнеспособности активного ила на этапе биологической очистки. Для жизнедеятельности биологических сооружений допустимое содержание ПАВ составляет 3 мг/л, флотатор за 1 проход снимает 85%, но если уровень ПАВ на входе во флотатор будет выше 20 мг/л, то значение ПАВ на выходе будет выше 3 мг/л. На обследуемом предприятии не предусмотрены меры нейтрализации ПАВ.

4. Не предусмотрена очистка сточных вод, образуемых копильным и посольным цехом.

Предложения по оптимизации процесса очистки сточных вод

1. Автоматизировать процесс дозирования реагентов. Для этого предлагается оснастить емкость усреднителя промышленным датчиком, определяющим количество взвешенных частиц в воде (например NERHELOMETRIC TURBIDITY (Франция) или ViSolid 700IQ фирмы WTW (Германия)). Датчика подключить к контроллеру посредством RS-485 или Modbus, выход контроллера подключить к частотному преобразователю насоса, расположенного внутри камеры приготовления раствора коагулянта. Предварительно лабораторным путем определить зависимость «количество взвешенных частиц/доза коагулянта», откалибровать датчик, запрограммировать контроллер на изменение производительности насоса в зависимости от показаний датчика.

2. Автоматизировать процесс дозирования раствора извести. Для этого предлагается составить градуировочную таблицу, определяющую оптимальное соотношение «количество коагулянта/количество раствора извести», осуществлять дозирование в зависимости от показаний датчика расхода коагулянта. Сигнал от датчика расхода коагулянта подается на контроллер, запрограммированный на увеличение или уменьшение скорости вращения двигателя насоса, погруженного в емкость приготовления раствора извести, управление осуществлять посредством частотного преобразователя двигателя насоса.

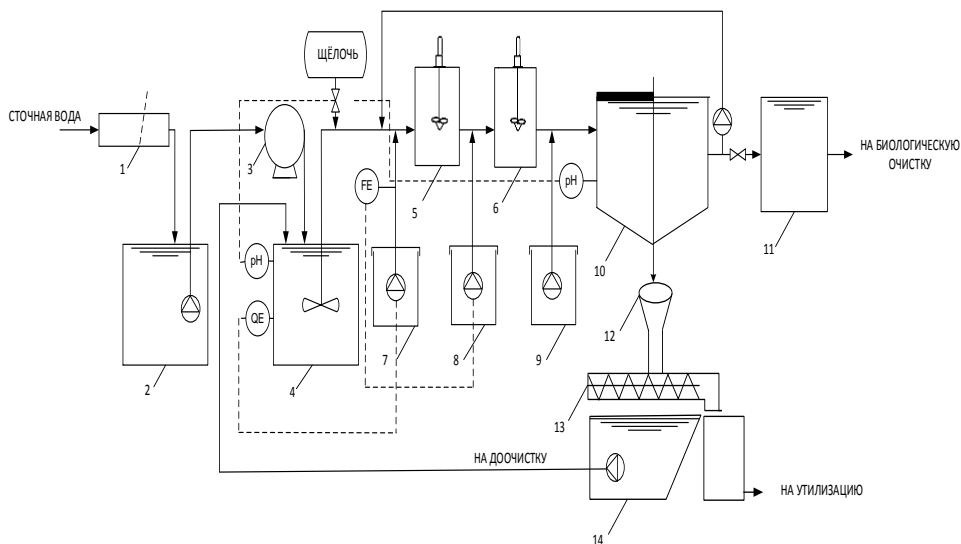
3. Оснастить ёмкость усреднителя датчиком pH, с целью корректировки кислотно-щелочного баланса, для чего установить дозирующую ёмкость, соединенную с трубопроводом «усреднитель - реакционная камера1», содержащую щелочь. Сигнал датчика pH подается на контроллер, где вырабатывается управляющее воздействие «открыть клапан подачи щелочи» в зависимости от отклонения pH от заданного значения. Оснастить флотатор датчиком pH, для контроля результата.

4. Предусмотреть возможность двукратной очистки в аэрируемом флотаторе в санитарные дни, для снижения уровня ПАВ до максимально низких значений. Необходимость двукратной очистки можно определить анализом воды на ПАВ пробой, взятой из усреднителя. Если уровень ПАВ превышает возможности удаления во флотаторе (а это 85%), то принимается решение о проведение двукратной очистки воды во флотаторе, для этого поток воды после первичной очистки во флотаторе следует подать в реакционную камеру 1. Узел приема возможно организовать в трубопроводе между усреднителем и реакционной камерой 1.

5. Использовать сточную воду посольного цеха повторно, предварительно очищая ее на электрофлокоагуляторе. Процесс возврата очищенного тузлука в производство создает значительную экономию соли и воды [1].

6. Очищать сточную воду копильного цеха на специальной установке, состоящей из фильтра грубой очистки и системы озонирования. Отстой обработанного озонем стока создает условия для отделения и осаждения фенолсодержащего неконцерагенного осадка. Установка очистки стоков от фенолов может быть как в составе очистных сооружений, так и самостоятельной [1].

На рисунке 2 изображена структурная схема очистки сточных вод рыбообрабатывающего предприятия с учетом предложенных мер оптимизации.



*Рис.2. Структурная схема очистки сточных вод рыбообрабатывающего предприятия
 1-механизированная решетка, 2-канализационная насосная станция, 3-барabanная решетка,
 4-усреднитель, 5-камера смешения сточной воды с раствором коагулянта, 6-камера смешения сточной
 воды с раствором извести, 7-ёмкость приготовления раствора коагулянта, 8-ёмкость приготовления
 раствора извести, 9-ёмкость приготовления раствора флокулянта, 10-аэрируемый флотатор, 11-бассейн
 очищенной воды, 12-бак сбора флотошлама, 13-шнек, 14-ёмкость сбора воды, QE-датчик количества
 взвешенных веществ, FE-датчик расхода коагулянта, pH-датчик кислотно-щелочного баланса*

Заключение

Оптимизация процесса очистки сточных вод рыбообрабатывающих предприятий может быть достигнута путем повышения точности дозирования коагулянта, согласованно с дозированием раствора извести. Добиться этого можно посредством введения датчика количества взвешенных веществ и комплексной автоматизации узла дозирования реагентов. Автоматизация контура контроля и регулирования кислотно-щелочного баланса очищаемой воды позволит интенсифицировать процессы во флотаторе. Повторное очищение воды во флотаторе позволит снизить негативную нагрузку, создаваемую поверхностно-активными веществами на биологические очистные сооружения. Рекомендуется рассмотреть возможность использования стоков посолевого цеха вторично, предварительно очищая их на электрофлотокоагуляторе, а также очищения стоков копильного цеха.

Вопросом дальнейшего исследования является рассмотрение каждого из предложенных мер оптимизации с точки зрения экономической эффективности от их внедрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВНИП – 10041-2002 Ведомственные нормы и правила создания береговых производственных предприятий рыбного хозяйства. Очистные сооружения [Текст].; Введ. с 20 июня 2002 г., "Ги-прорыбфлот"
2. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 26.07.2018) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
3. СП (свод правил) 32.133 30.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.03-85; Введ. с 01 января 2013 г.
4. Гетманцев С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами [Электронный ресурс] / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. - Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. - 271 с.
5. Душкин С.С. Интенсификация реагентных методов очистки воды: [Учеб. пособие для спец. «Водоснабжение, канализация, рац. использ. и охрана вод.ресурсов»] / С. С. Душкин; М-во

высш. и сред. спец. образования УССР, Учеб.-метод. каб. по высш. образованию, Харьк. ин-т инженеро-гор. хоз-ва. - Харьков: УМКВО, 1991. - 166 с.

6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об охране окружающей среды»

7. Журба, М.Г. Водоснабжение [Текст]: проектирование систем и сооружений: (в 3 т.) : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство»/ М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова ; науч.-метод. рук. и общ. ред. М.Г. Журбы. - 3-е изд., доп. и перераб. - Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010г.

OPTIMIZATION OF THE WASTE WATER TREATMENT PROCESS FISH PROCESSING ENTERPRISE

Parshilkina Anna Alekseevna, assisten of the department of automation of technological processes and production

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: anna.parshilkina@klgtu.ru

The article describes the process of wastewater of a fish processing enterprise equipped with a smoking, salting, roasting plant, the volume of wastewater treatment process are described, options for solving the indicated problems are proposed. The article may be relevant not only for fish processing enterprises, but also for the food industry in general.

УДК 664.8:664.9

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Румянцев Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации производственных процессов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: aleksandr.rumiantcev@klgtu.ru

В статье рассматриваются вопросы энергосбережения технологических производств пищевой промышленности. Отмечаются особенности применения автоматизации пищевых производств. Приводятся основные направления и методы повышения энергоэффективности технологических производств. Отмечаются особенности разработки АСУТП с использованием типовых SCADA – систем. Показан принцип построения энергосберегающих алгоритмов.

Введение

Пищевая промышленность занимает значительную долю в экономике страны. Особенностью автоматизации технологических производств пищевой промышленности является:

- активное применение тепловых процессов большой мощности (нагревание, замораживание, сушка);
- быстрая переработка исходного сырья из-за ограниченного срока хранения и потери качества;
- наличие разнообразного технологического оборудования, трубопроводов разного назначения с большим числом элементов автоматизации (датчиков, исполнительных механизмов, средств визуализации, взвешивания продукции и т.д.);

- применение твердых, жидких, вязких, сыпучих и газообразных сред;
- разнообразное использование источников энергии (электричество, теплота, сжигание углеводородного сырья);
- большая номенклатура датчиков (температуры, давления, влажности, уровня и т.д.), в том числе, с использованием разных принципов измерения одного параметра (например, температуры);
- применение средств автоматизации разных производителей;
- многообразие рецептов приготовления пищевой продукции, что в свою очередь, ведет к разработке большого числа алгоритмов функционирования оборудования;
- точность поддержания параметров технологического процесса, что напрямую связано с качеством продукции и энергосберегающими технологиями;
- возможность завершения производственного цикла при возникновении поломок оборудования и средств автоматизации;
- планомерное сокращение ручного труда с целью стабилизации качества выпускаемой продукции с использованием систем технического зрения [1];
- активное внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

К важнейшим энергозатратным технологическим процессам пищевых производств можно отнести [2,3,4]:

- термическую обработку (стерилизация, пастеризация, тиндализация, автоклавная обработка, термостатирование, бланширование, пассерование, варка, обжарка и дефростация);
- замораживание (с регулируемой скоростью, до разных значений средних конечных температур продукта).

Для снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности продукции важное значение для энергозатратных производств имеет фактор энергосбережения.

На рисунке 1 показаны основные направления и методы повышения энергоэффективности технологических производств (ТП) пищевой промышленности.

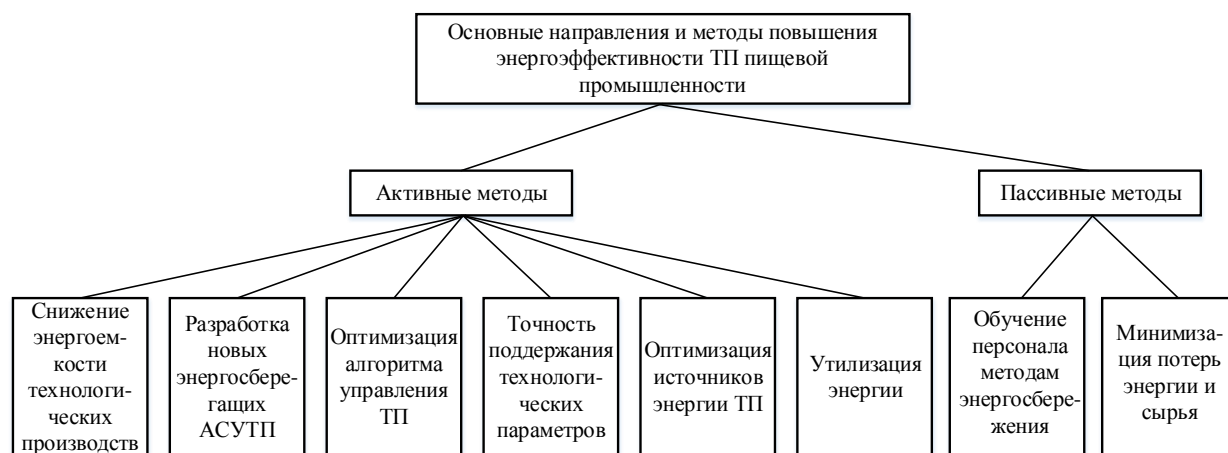


Рис. 1. Основные направления повышения энергоэффективности ТП

1.1. Особенности разработки АСУТП

Управление технологическим производством пищевой промышленности направлено на создание рентабельного и эффективного предприятия, отвечающего современным нормам и требованиям к уровню автоматизации, безопасности персонала, энергоэффективности и воздействия на окружающую среду.

Особенностями разработки АСУТП пищевых производств являются:

- создание распределенных систем сбора и обработки информации с датчиков и исполнительных механизмов;
- часто повторяющиеся циклы с изменяющимися параметрами;
- создание библиотек производства продуктов по рецептам;
- применение уникальных датчиков, ориентированных на измерение и контроль параметров вязких и сыпучих сред, промежуточных систем взвешивания продукции;

- локальные системы автоматизации повышения надежности ответственного оборудования;
- точность поддержания параметров заданной динамики;
- системы контроля и учета произведенной продукции.

На рис. 2 показана иерархическая структура АСУТП пищевой промышленности.

В условиях возможных санкций в состав технических средств автоматизации отечественных АСУТП предпочтительно включать продукцию ПО Овен.

Особенностью структуры является:

- интеграция информационных и управляющих подсистем в общий комплекс с унификацией всех узлов;
- использование программно-аппаратной платформы для всех систем;
- использование общей системы обмена данными (протокол Ethernet);
- применение сквозных алгоритмов, исключающих дублирование производственных процессов;
- быстрая адаптация к переходу на выпуск новой продукции;
- удобное диагностирование неисправностей;
- оперативная ремонтпригодность путем минимизации типовых элементов замены;
- использование выбранного программного пакета SCADA при проектировании, эксплуатации и модернизации оборудования ТП пищевой промышленности.

Типовая SCADA – система обеспечивает:

- функции безопасности;
- автоматизацию процесса;
- диспетчеризацию;

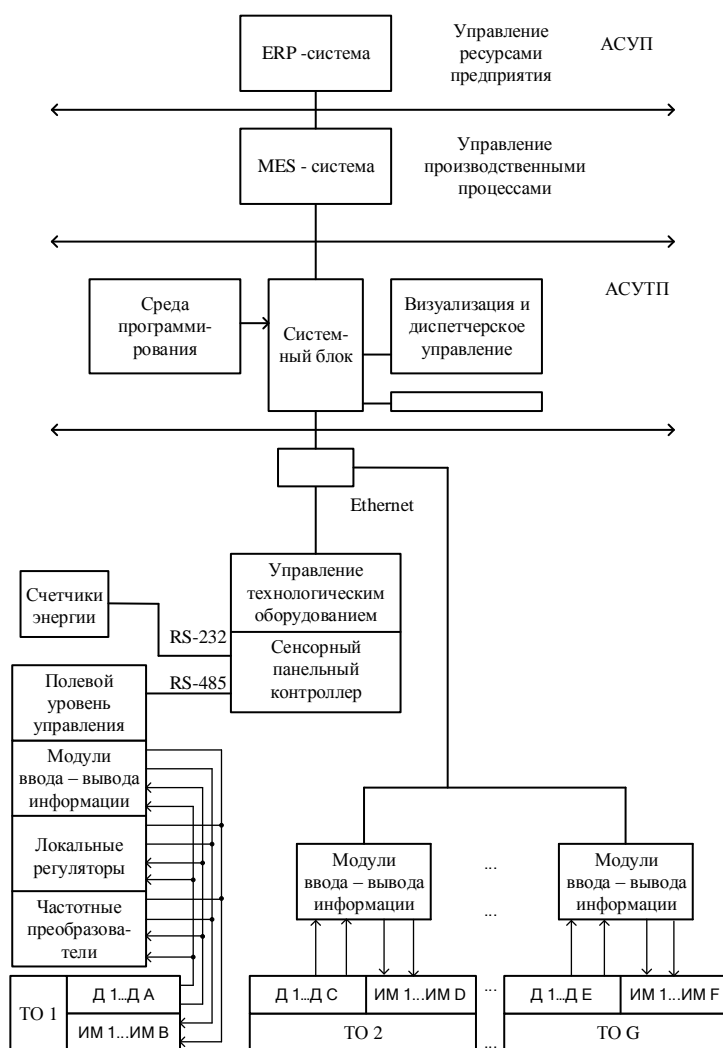


Рис. 2. Иерархическая структура АСУТП пищевой промышленности
ТО – технологическое оборудование; Д – датчик; ИМ – исполнительный механизм

- архивацию;
- сервисные общесистемные функции.

При разработке SCADA - системы:

- разрабатывается графический интерфейс;
- алгоритмическое и программное обеспечение;
- настраивается сетевое оборудование;
- создается база данных.

Этапы разработки программного обеспечения:

- уточняется перечень сигналов;
- разрабатываются математические алгоритмы обработки информации;
- создаются чертежи видеокадров;
- разрабатываются программы для SCADA и HMI (человеко-машинный интерфейс);
- настраиваются программы визуализации процесса;
- создаются инструкции пользователя;
- проводится обучение персонала.

Далее осуществляются пусконаладочные работы.

1.2. Построение энергосберегающих алгоритмов АСУТП

Разработка энергосберегающих алгоритмов проводится по нескольким направлениям:

- созданием новых технологий производства пищевых продуктов путем снижения энергозатрат;
- применением современного оборудования, материалов и сырья;
- оптимизацией управления ТП с использованием математических моделей (например, на основе методов аппарата нечеткой логики и др.);
- разработкой советующих моделей производства пищевой продукции с разными массовыми содержаниями и сочетаниями компонентов, температурными режимами и продолжительностью цикла для оценки себестоимости технологического процесса;
- использованием солнечной и утилизированной энергии с других видов оборудования;
- созданием понятного для технолога языка программирования работы оборудования с предлагаемыми вариантами.

Энергосберегающий алгоритм работает в диалоговом режиме с оператором-технологом [5,6,7].

Рассмотрим алгоритм на примере колбасных изделий:

1. Сначала оператор выбирает название продукции – например, колбасное изделие.
2. Далее программа предлагает из базы данных - название колбасы.
3. Если оператора устраивает название продукта, то он – соглашается и указывает массу сырого продукта, загружаемую в термодымовую камеру.
4. Программа визуализирует процесс приготовления продукта с указанием времени обжарки, варки и копчения, а также строит динамические характеристики (температура в камере и батоне колбасы, влажность, параметры дымогенератора). Далее программа рассчитывает исходя из массы сырого продукта примерное значение энергопотребления камеры.
5. Если параметры устраивают оператора, то процесс приготовления продукта начинается.
6. Если нет, то оператор может менять параметры с присвоением другого названия продукту. При необходимости оператор, меняя параметры динамического процесса, может без ущерба качества снизить энергопотребление. Новый алгоритм запоминается и вносится в общую базу данных под уникальным именем.
7. После достижения температуры внутри батона колбасы установленного значения процесс приготовления продукта заканчивается.

Накопленная база рецептов позволит разработать модель, с помощью которой можно прогнозировать энергопотребление камеры для множества рецептов пищевых продуктов.

Во время выполнения пусконаладочных работ имеется возможность отладить технологическое оборудование и энергосберегающие алгоритмы при минимальной массе мясных продуктов.

Таким образом предложенный подход позволяет снизить энергопотребление ТП пищевой промышленности без ухудшения качества продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгий Н.А. Автоматизированная система контроля герметичности консервов/Н.А. Долгий, С.П. Сердобинцев//Автоматизация и современные технологии. Ежемесячный межотраслевой научно-технический журнал, Москва, Изд. Машиностроение, №1, 2011г., С.14 – 16.

2. Данилов Н.И. Основы энергосбережения : учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щёлоков. - Екатеринбург : УПИ, 2006. - 564 с.

3. Богушева, В. И. Технология приготовления пищи / В.И. Богушева. - М.: Феникс, 2016. - 384 с.

4. Иванова, В. Н. Пищевая промышленность России. Современное состояние, проблемы, ориентиры будущего развития. Учебное пособие / В.Н. Иванова, С.Н. Серегин. - М.: Финансы и статистика, 2013. - 568 с.

5. Румянцев А.Н. Энергосберегающая технология термообработки колбасных изделий. III Балтийский морской форум. Международ. научн. конференц. Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении и строительстве: тезисы докладов. V том. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015. - с. 48-50.

6. Румянцев А.Н. Автоматизация тепличных конструкций. Тез. докл. IV Межд. балт. морск. фор. межд. научн. конф. «Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении и строительстве», 22-28 мая 2016. Калининград, 2016 г. – с. 38-39.

7. Зонин В. Г. Современное производство колбасных и солено-копченых изделий. - СПб. : Профессия, 2007. 224 с., ил.

ENERGY SAVING OF TECHNOLOGICAL PRODUCTIONS FOOD INDUSTRY

Rumyantsev Alexander Nikolaevich, PhD in Engineering, associate Professor, head of the Department of automation of production processes

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: aleksandr.rumiantcev@klgtu.ru

The article deals with the issues of energy saving of technological productions of the food industry. Features of application of food production automation are noted. The main directions and methods of increasing the energy efficiency of technological production are given. Features of development of automated control systems using standard SCADA systems are noted. The principle of building energy-saving algorithms is shown.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

¹Ухов Андрей Александрович, д-р техн. наук, профессор кафедры ЭПУ

²Дудников Сергей Юрьевич, канд. физ.-мат. наук, директор Института НТИ СевГУ

¹Шаповалов Станислав Владимирович, аспирант кафедры ЭПУ

¹Ли Роман Вячеславович, аспирант кафедры ЭПУ

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина),

Санкт-Петербург, Россия, e-mail: aauhov@yandex.ru; rvli@etu.ru; svshapovalov@etu.ru

²Севастопольский государственный университет,

Севастополь, Россия, e-mail: sydudnikov@sevsu.ru

В работе рассматривается вопрос организации системы контроля и мониторинга параметров при автоматизации процессов на производстве (складские помещения, фармацевтические и биотехнологические производства и т. д.), позволяющей обеспечить гибкость развертки и обслуживания данной системы, а также снизить издержки на обслуживание системы за счет увеличения длительности автономной работы путём применения технологии радиочастотной идентификации и системы сбора энергии радиоволн. Представлены основные варианты реализации беспроводной системы контроля и мониторинга параметров. Приведены структурные и принципиальные схемы, выбор электронно-компонентной базы, модели и макеты устройств, графический интерфейс программного обеспечения, позволяющие организовать данную систему.

Введение

Потребности современного общества требуют от экономики постоянного роста производительности труда. Изобретение в XX веке электронно-вычислительных машин и внедрение в производство устройств автоматического управления, способных управлять промышленными процессами без значительного вмешательства человека, позволило в разы увеличить как производительность труда, так и качество производимой продукции [1]. В настоящее время такие достижения научно-технического прогресса и инженерной мысли в области искусственного интеллекта (AI), человеко-машинного интерфейса (HMI) и передовых беспроводных технологий (AWT) дают возможность увеличивать уровень автономности производства, а в будущем полностью заменить человека роботизированными системами.

Одним из перспективных направлений совершенствования процесса автоматизации производства является создание на предприятии умной сети (Smart Grid), состоящей из датчиков способных как контролировать параметры технологических процессов, так и собирать информацию о состоянии технологического оборудования, объёмах выпускаемой продукции, занятости работников и т. д. Обработка информации, полученной с этих датчиков, современными методами обработки данных (машинное обучение и Data Science) открывают перспективы реализации на предприятии концепции умной фабрики (Smart Factory) и Industry 4.0 с возможностями автоматического составления оптимальных планов работы завода, прогнозов неисправностей оборудования и превентивного его ремонта, распределения ресурсов и т. д. [2-4].

Для использования таких технологий на предприятии необходимо развертывание сенсорной сети состоящей, в зависимости от размеров производственных помещений, из сотен или тысяч датчиков. Примером таких производств могут выступать складские помещения фармацевтических и биотехнологических производств. Реализация проводного подключения датчиков к устройствам сбора и обработки информации имеет ряд недостатков, таких как увеличение габаритов системы, ограниченные возможности по монтажу и т. д. Создание сети беспроводных датчиков с питанием от батареи или аккумулятора поможет избежать этих недостатков, однако требует постоянной замены элементов питания, что нега-

тивно сказывается на стоимости технического обслуживания системы [5]. Кроме того, датчики могут располагаться в условиях неблагоприятных для человека (электрические подстанции, цеха с повышенным содержанием химически опасных веществ) и замена элементов питания в таких условиях будет сопряжена с риском для здоровья обслуживающего персонала.

Наиболее оптимальным решением этих задач представляется разработка сенсорных устройств с питанием от систем сбора и преобразования энергии, таких как солнечные батареи, термогенераторы, генераторы электромагнитного излучения и т. д., которые в зависимости от величины потребляемого тока будут либо поддерживать требуемый уровень заряда аккумулятора, либо позволят вообще от него отказаться. Такой подход позволит объединить в разработке низкую стоимость и долговечность проводных решений, и удобство беспроводных.

Источники энергии, используемой для преобразования в электрическую энергию для питания датчиков, можно сравнить по управляемости, предсказуемости и величине [6,7]. Использование солнечной, термальной энергии, энергии вибрации (источники энергии с наибольшими значениями средней мощности на единицу площади) для промышленных решений может иметь ситуативный характер, но не позволит создать постоянного управляемого источника питания для системы датчиков. Учитывая этот факт, можно утверждать, что в качестве источника энергии для системы беспроводных датчиков оптимальным решением будет использование энергии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Теоретическую возможность реализации такой системы подтверждают расчёты и экспериментальные результаты [8-10] из которых видно, что системы сбора энергии способны преобразовывать РЧ-энергию в электрическую энергию, достаточную для работы современных сенсорных устройств.

В данной работе представлены два типа беспроводных сенсорных устройств с системами сбора энергии с питанием от электромагнитного излучения RFID-считывателя. В первой главе описывается беспроводной датчик температуры и влажности с аккумуляторным питанием и системой сбора энергии для его зарядки, во второй главе представлен беспроводной безбатарейный датчик перемещения, а в третьей главе приводится пример построения демонстрационного прототипа автоматизированной системы контроля и мониторинга параметров на производстве.

1. Беспроводной датчик температуры и влажности

1.1. Общее описание

Контроль параметров окружающей среды (температура, влажность) и температурное картирование особенно актуальны в сферах, к которым предъявляются жесткие требования к обеспечению температурно-влажностного режима. В частности, к таким сферам относятся фармацевтические и биотехнологические компании, к которым предъявляются требования стандартов GSP, GMP и GDP.

Количество датчиков температуры и влажности в крупных производствах может достигать свыше 100 штук. Именно поэтому в данных сферах имеется спрос на наличие гибкой беспроводной системы мониторинга параметров.

Наличие большого количества беспроводных датчиков повышает стоимость обслуживания такой системы за счет необходимости замены аккумуляторов. Применение системы сбора энергии радиоволн позволит увеличить длительность автономной работы беспроводных датчиков и снизить издержки на замену аккумуляторов.

Инерционность параметров микроклимата в складских и производственных помещениях позволяет снизить частоту опроса датчиков, тем самым снижая и энергопотребление системы. Тем не менее нельзя исключать сценарий, при котором требуется непрерывный опрос датчиков в течение продолжительного временного промежутка. Энергопотребление беспроводного датчика в активном режиме может достигать 600-700 мкВт. Современный уровень развития систем сбора энергии электромагнитных волн не позволяет обеспечить непрерывное питание устройств с потреблением больше десятков мкВт [11].

Таким образом, авторы статьи считают, что наиболее эффективным решением будет использовать комбинированный подход – аккумулятор в качестве основного элемента питания и система сбора электромагнитной энергии для его подзарядки. Также предлагается снизить энергопотребление системы за счет реализации беспроводного канала передачи на основе пассивной технологии радиочастотной идентификации RFID.

1.2. Состав и принцип действия

Беспроводной датчик температуры и влажности представляет собой набор печатных плат, состоящий из платы измерительной части, обеспечивающей преобразование физических величин в электричество, платы пассивного УВЧ RFID-модуля, обеспечивающей передачу данных на частоте 868 МГц и пониженное энергопотребление в процессе передачи данных, а также платы системы сбора энергии электромагнитных волн, обеспечивающей подзаряд аккумулятора в процессе работы.

Ключевым элементом системы сбора энергии является блок выпрямителя. Для построения блока выпрямителя были использованы диодные сборки PCC110. По сравнению со стандартными диодами (например, VAR64-05) они имеют более оптимальные параметры I_s , R_s и C_j , а по сравнению с диодами HSMS-285 PCC110 дешевле и более доступны на территории РФ.

Диоды в схеме соединены по схеме Грейнахера (умножитель напряжения) для максимизации выходного напряжения (рис. 1). Количество используемых сборок ограничено низким током схемы и подбирались экспериментально.

Элементы L_2 , L_3 и C_2 предназначены для компенсации реактивной составляющей импеданса выпрямителя $Z_L = 27 - j183$ и подбирались исходя из критерия максимизации чувствительности по напряжению. Для определения типа компонентов для цепи преобразования импеданса необходимо рассчитать величину добротностью Q_u на рабочей частоте (1):

$$Q_u = \frac{2.7743F_0}{A_0VF} \quad (1)$$

где F_0 – частота линии передачи в мегагерцах, A_0 – затухание в дБ / 100 футов на частоте F_0 , а VF – коэффициент скорости. Таким образом, индуктивная или емкостная линия передачи на печатной плате FR4 имеет VF 0,48, A_0 132 дБ / 100 футов и добротность $Q_u = 44$ на частоте 1 ГГц. Так как чип-индуктивности и конденсаторы могут обеспечить Q_u до 80 и 1000 на частоте 1 ГГц, то соответственно, дискретные компоненты являются более предпочтительным вариантом для преобразования импеданса, чем линии передач на печатной плате.

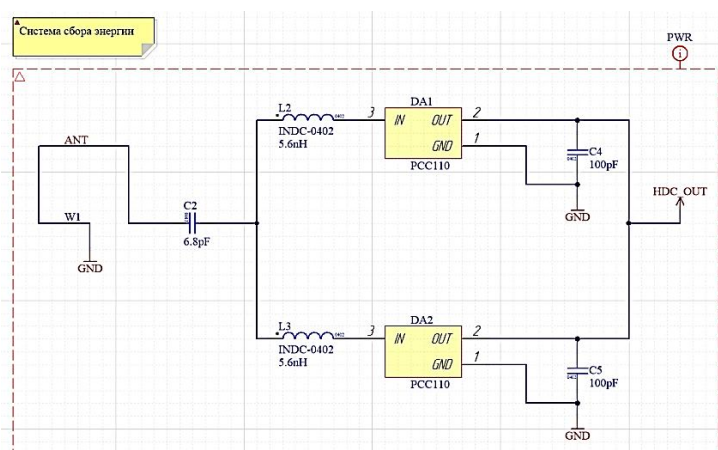


Рис. 1. Принципиальная схема системы сбора энергии. Блоки согласования импеданса и выпрямителей

На рис. 2 показана принципиальная схема DC-DC преобразователя BQ25504, повышающего выходное напряжение с блока выпрямителей (от 330мВ и выше) до 3 В, необходимых для питания сенсорной части устройства. Микросхема выбрана благодаря тому, что имеет низкий ток потребления (330 нА) и минимальное входное напряжения (330мВ).

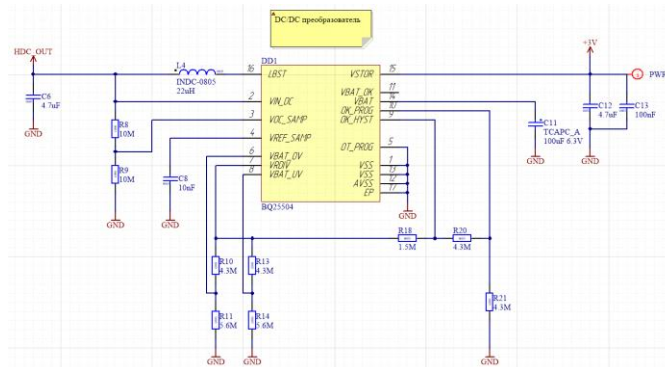


Рис. 2. Принципиальная схема системы сбора энергии. DC-DC преобразователь

Измерительная часть беспроводного датчика температуры и влажности представляет собой печатную плату, обеспечивающую возможность подключения различных модулей (первичных преобразователей, RFID-модуля и т. д.), что позволяет организовать беспроводной мониторинг параметров с последующей передачей данных по радиоканалу на различных частотах (433 МГц, 868 МГц, 915 МГц, 2,4 ГГц). Структурная схема устройства представлена на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема датчика температуры и влажности

Конструкция устройства за счет возможности варьирования подключаемых периферийных модулей и возможности варьирования частотного диапазона беспроводной передачи данных обеспечивает универсальность конечного изделия и гибкость конфигурации под конкретную задачу.

Возможность работы с различной периферией достигается за счет применения микроконтроллера в качестве основного управляющего узла электрической схемы устройства.

На текущий момент на рынке присутствуют системы-на-кристалле (SoC), представляющих собой микросхему с различными функциональными блоками (например, микроконтроллер и радиоприемопередатчик). Представителями подобных SoC являются семейства CC13xx и CC26xx компании Texas Instruments. Данные микросхемы представляют собой интегральный набор функциональных блоков, состоящий из микроконтроллера ARM Cortex M3, микроконтроллера ARM Cortex M0 и радиоприемопередатчика. Преимуществами данных семейств являются низкое энергопотребление, а также возможность передачи данных как в субгигагерцовом диапазоне частот (433 МГц, 868 МГц или 915 МГц), так и на частоте 2,4 ГГц.

Пример беспроводного датчика температуры и влажности представлен на рис. 4.

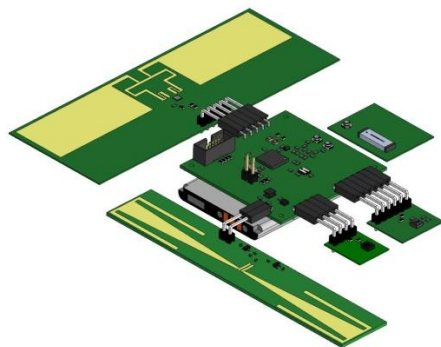


Рис. 4. Модель датчика температуры и влажности

В качестве первичного преобразователя рассматривается микросхема SHT21 компании Sensirion, совмещающая в себе датчик температуры и влажности.

Исходя из принятой выше элементной базы, беспроводной датчик температуры и влажности обладает следующими техническими характеристиками:

В части приемопередающего тракта:

- Частота передачи данных: 868 МГц;
- Дальность приема и передачи данных в зоне прямой видимости: до 100 м;

В части измерения температуры:

- Диапазон измерения: минус 40°C – плюс 80°C;
- Разрешающая способность: 0,04°C.

В части измерения относительной влажности:

- Диапазон измерения: 0% – 100% (при 0°C – плюс 70°C);
- Разрешающая способность: 0,04%.

2. Беспроводной безбатарейный датчик перемещения

2.1. Общее описание

Для решения задачи охраны движимого имущества на территории предприятия достаточно зафиксировать сам факт наличия движения охраняемого объекта и отправить сигнал тревоги в систему контроля и учёта. Данная постановка задачи даёт возможность упростить схему детектирования и анализа полезного сигнала датчика, доведя уровень его энергопотребления до единиц мкВт – уровня, который сможет обеспечить система сбора энергии. В рамках такой концепции построения датчика перемещения отпадает необходимость использования химического элемента питания – батареи ли аккумулятора, благодаря чему, срок непрерывной работы датчика без его обслуживания ограничен только сроком физического износа его компонентной базы и составляет не менее 10 лет.

2.2. Состав и принцип действия

Для передачи данных по RFID-интерфейсу была выбрана микросхема SL3S1013FTB0. Выбор её обусловлен возможностью с помощью подачи всего двух состояний (логического нуля или единицы) на вывод OUT микросхемы изменять бит в памяти и отправлять его беспроводным способом в RFID-считыватель. Данная функция в совокупности с тем, что для решения задачи охраны движимого имущества на территории предприятия важно детектировать только факт перемещения объекта, делает использование таких энергопотребляющих компонентов как акселерометр, гироскоп и микроконтроллер избыточным и нецелесообразным. Вместо них становится возможным разработать дешёвую и малопотребляющую схему на дискретных компонентах, работающую в непрерывном режиме (см. рис 5).

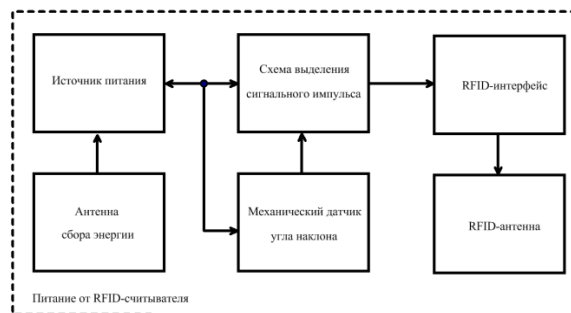


Рис. 5. Структурная схема устройства

Наиболее подходящим чувствительным элементом для такой схемы будет механический датчик наклона и вибрации. Для практической реализации был использован датчик SQ-SEN-200. В состоянии покоя он замкнут и имеет низкое сопротивление. Если датчик приходит в движение его сопротивление стремительно возрастает до уровня десятков МОм. SQ-SEN-200 включается в верхнее плечо делителя напряжения и благодаря этому сигнал с его выхода открывает или закрывает транзистор VT_1 . Чтобы зафиксировать факт кражи, сигнал от колебаний длительностью несколько мс фиксируется RC цепочкой на время равное $\tau = RC$. Далее, через инвертирующий транзистор VT_2 , сигнал попадает на выход OUT микросхемы SL3S1013FTB0 и по RFID-интерфейсу передаётся в RFID-считыватель.

Для визуального отображения корректной работы в устройстве предусмотрена система индикации, представляющая собой светодиод с большим значением максимальной силы излучаемого света, (GNL-3014PGC-TL 10 000 мКд). Проблема высокого энергопотребления светодиода была решена путём использования мультивибратора. Благодаря этому схемотехническому решению светодиод с рабочим током 1 мА включается на 1 мс каждую секунду и, таким образом, его интегральный ток потребления не превышает 1 мкА.

В ходе выполнения экспериментальных исследований для определения оптимальных параметров антенн сбора электромагнитной энергии и RFID-антенны для беспроводного датчика было выяснено, что из-за близкого расположения обе антенны оказывают влияние друг на друга. Так как характер этого взаимодействия трудно оценить математически было принято решение провести экспериментальные исследования по определению оптимальных антенн для системы сбора энергии путём комбинирования стандартных решений [12, 13] и сравнения полученной дальности работы устройства. Наилучший результат по дальности работы устройства (10 м) показала антенна типа PIFA.

Параметры использованной антенны типа PIFA:

- диапазон рабочих частот: 865 – 870 МГц;
- поляризация: линейная (направление вектора напряженности электрического поля: вдоль длинной стороны платы);
- коэффициент усиления: 0,95 дБ;
- КСВН: ≤ 1.1 ;
- диаграмма направленности.

Конечным итогом работы стала разработка печатных плат беспроводного датчика перемещения.

На рисунке 6 представлен собранный экспериментальный образец беспроводного безбатарейного датчика перемещения. Габариты датчика: 185×20×25 мм.



Рис. 6. Изготовленный беспроводной датчик перемещения

3. Демонстрационный прототип автоматизированной системы контроля и мониторинга параметров на производстве

Автоматизированная система контроля и мониторинга в общем виде состоит из совокупности датчиков, устройств обрабатывающих данные получаемые от датчиков и линий связи между ними. Обработку данных наиболее оптимально осуществлять на персональном компьютере оператора, где данные будут сохраняться, классифицироваться, обрабатываться и отображаться в удобном для оператора виде. Ввиду того, что в предлагаемой системе используются беспроводные датчики в качестве линий связи будет выступать радиоканал. Кроме того, для организации питания датчиков от энергии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона необходимо расположить в ключевых местах генераторы электромагнитного излучения и излучающие антенны.

Для оптимизации итоговой стоимости оборудования предлагается организовать обмен данными между датчиком и ПК через RFID-считыватели по RFID-интерфейсу. Плюс данного решения заключается в том, что один RFID-считыватель с антенной выполняет одновременно функции приёма-передатчика в радиообмене с датчиками и генератора электромагнитного излучения, необходимого для питания датчиков. Таким образом можно сократить стоимость установки и обслуживания оборудования системы в несколько раз.

В демонстрационном прототипе автоматизированной системы контроля и мониторинга был использован RFID-считыватель IMPINJ SPEEDWAY REVOLUTION R420 и излучающая антенна RST-A-900-2 865 – 870 МГц.

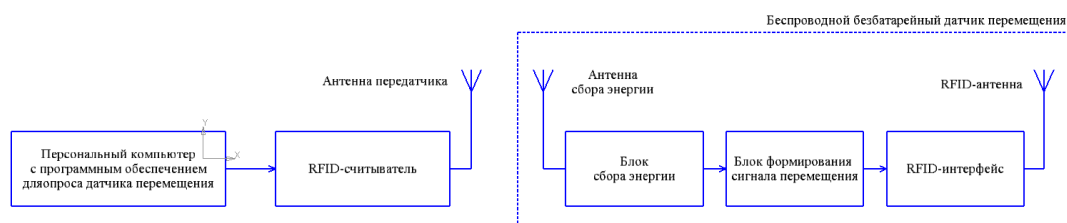


Рис. 7. Структурная схема демонстрационном прототипе автоматизированной системы контроля и мониторинга (вариант с датчиком перемещения)

Графический интерфейс примерной реализации программного обеспечения для опроса беспроводных датчиков перемещения приведен на рисунке 8. ПО позволяет подключиться к RFID-считывателю и выполнить настройку оборудования. Все добавленные датчики динамически добавляются в рабочую область программы, где отображается название датчика, его состояние и кол-во считываний. По всем датчикам ведётся статистика регистрации наличия движения и его индикация.

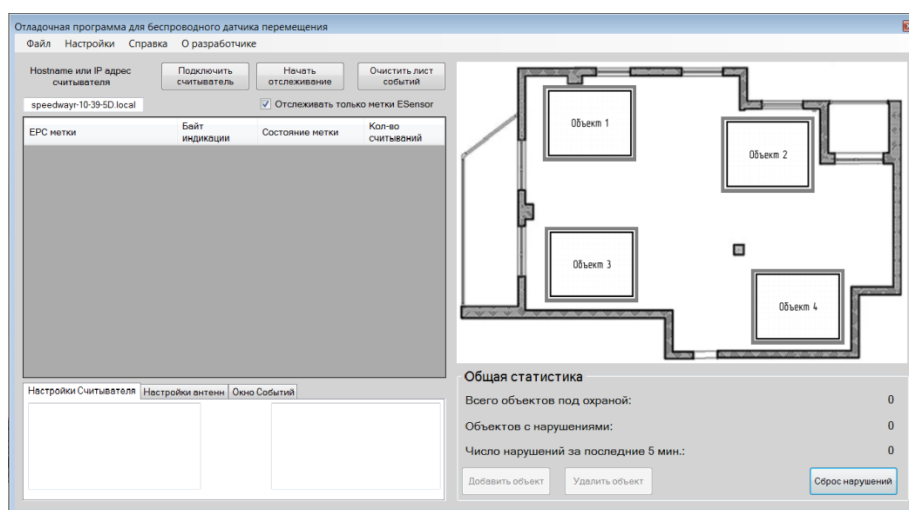


Рис. 8. Графический интерфейс ПО для опроса беспроводных датчиков перемещения

Заключение

Таким образом, в работе представлены основные варианты реализации (структурная схема, выбор электронно-компонентной базы, модели и макеты устройств, графический интерфейс программного обеспечения) беспроводных датчиков, системы сбора энергии и программного обеспечения. Совокупность данных решений позволяет организовать систему беспроводного мониторинга параметров для автоматизации процессов производства. Подобная система обладает гибкостью развертки и обслуживания за счет использования беспроводных каналов обмена данными и при этом позволяет снизить издержки на обслуживание системы за счет применения технологии радиочастотной идентификации и системы сбора энергии, обеспечивающей увеличенную длительность автономной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, В.Н. Автоматизация производства. / В.Н. Брюханов. – М.: Высшая школа, 2016. – 367 с.
2. Lee, J., Kao, H.A., Yang, S.: Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and Big Data environment. *Procedia CIRP* 16, 3–8 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.001>
3. Brettel, M., Frienderichen, N., Keller, M., Rosenberg, M.: How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an Industry 4.0 perspective. *Int. J. Mech. Ind. Sci. Eng.* 8(1), 37–44 (2014)
4. Hardik Majiwala, Suresh Sharma, and Pankaj Gandhi.: Lean and Industry 4.0 Strive to Create Smart Factory Through Integration of Systems: An Exploratory Review: *Advances in Intelligent Systems and Computing* Volume 1122. – 2019: p. 184-195.
5. A. Mercier, «MoniTeq III On-Line HV Circuit Breaker Monitoring System» Institut de recherche d'Hydro-Québec, Tech. Rep., 2010.
6. Survey and Implications,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 13, no. 3, pp. 443–461, July 2011
7. A. Kansal, S. Z. J. Hsu, and M. B. Srivastava, “Power Management in Energy Harvesting Sensor Networks,” *ACM Transactions on Embedded Computing Systems*, vol. 6, 2006.
8. H. J. Visser and R. J. M. Vullers, «RF energy harvesting and transport for wireless sensor network applications: Principles and requirements», *Proceedings of the IEEE*, vol. 101, 6, pp. 1410 – 1423, 2013
9. X. Lu, P. Wang, D. Niyato, D. I. Kim, and Z. Han, «Wireless networks with RF energy harvesting: A contemporary survey», *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, 2, pp. 757 – 789, 2015.
10. M. Hajikhani; L. Fabrice; B. L. Agba, «An Autonomous Wireless Sensor Network in a Substation Area using Wireless Transfer of Energy», *IEEE Access*, vol. 6, October 2018.
11. Antwi Nimo, Tobias Beckedahl, Thomas Ostertag and Leonhard Reindl/ Analysis of passive RF-DC power rectification and harvesting wireless RF energy for micro-watt sensors// *AIMS Energy* (Volume 3), Issue 2, 184-200.
12. V. Palazzi, J. Hester, and J. Bito, «A novel ultra-lightweight multiband rectenna on paper for RF energy harvesting in the next generation LTE bands», *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 66, no. 1, pp. 366 – 379, Jan 2018.
13. M. Wagih, A. S. Weddell, S. Beeby, «Rectennas for RF Energy Harvesting and Wireless Power Transfer: a Review of Antenna Design», *International Journal on Communications Antenna and Propagation*, vol. 6(2):82, April 2016.

WIRELESS SENSORS WITH EXTENDED BATTERY LIFE FOR INDUSTRIAL MONITORING

¹Uhov Andrey Alexandrovich, doctor of technical sciences, professor of Electronic Instruments and Devices department

²Dudnikov Sergey Yurievich, candidate of physical and mathematical sciences, director of SevSU NTI Institute

¹Shapovalov Stanislav Vladimirovich, postgraduate student of Electronic Instruments and Devices department

¹Li Roman Vyacheslavovich, postgraduate student of Electronic Instruments and Devices department

¹Saint-Petersburg Electrotechnical University,
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: aauhov@yandex.ru; rvli@etu.ru; svshapovalov@etu.ru

²Sevastopol state university, Sevastopol, Russia, e-mail: sydudnikov@sevsu.ru

The paper discusses the issue of organizing a control and monitoring system for parameters in the automation of processes in production (warehouses, pharmaceutical and biotechnological manufacturing etc.). The system allows to improve flexibility of deploying and reduce maintenance costs by using passive UHF RFID technology and RF energy harvester. The variants of implementing a wireless control and monitoring system are presented. Structural and schematic diagrams, the choice of the electronic-component base, models and samples of devices, the graphical interface of the software, allowing to organize this system are given.