Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
XI ЕЖЕГОДНОЙ НАУЧНОЙ СЕССИИ
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Том I

Вологда
2017

УДК 001 (06)
ББК 72.5
М34

Редакционная коллегия:

Синицын А.А., проректор по НРиИР, председатель
Андреев А.Н., канд. техн. наук, доцент
Кочкин Д.В., канд. техн. наук
Алюнов А.Н., канд. техн. наук, доцент
Раков В.А., канд. техн. наук, доцент
Анисимова Л.В., профессор, канд. архитектуры
Уткин В.С., д-р техн. наук, профессор
Казакова И.С., канд. техн. наук, доцент
Кочкин А.А., д-р техн. наук, доцент
Кулаков А.А., канд. техн. наук
Телина Н.В., начальник отдела НИРСиА
Прахова А.М., специалист по УМР ОНИРСиА

М34 **Материалы межрегиональной научной конференции XI Ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых** : в 3-х т. / М-во образования и науки РФ ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда : ВоГУ, 2017. – Т. 1. – 392 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-87851-768-3
ISBN 978-5-87851-769-0 (т. 1)

В сборнике представлены результаты научных исследований молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов вузов Вологодской области и других регионов Российской Федерации по проблемам информационных технологий и машиностроения, электроэнергетики и строительства.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

УДК 001 (06)
ББК 72.5

ISBN 978-5-87851-769-0 (т. 1)
ISBN 978-5-87851-768-3

© ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет, 2017

Уважаемые коллеги!

Научная сессия аспирантов и молодых учёных является крупным научным мероприятием. Став традиционной, сессия ежегодно предоставляет возможность начинающим исследователям выступать с докладами о своих изысканиях, участвовать в дискуссиях, публично защищать результат своего труда.

В молодости человек легко приобретает знания, навыки и умения, наиболее способен к творческой деятельности, к формулировке эвристических гипотез, максимально работоспособен. Поэтому именно с молодежью связан прогресс современной науки, особенно естественных и технических наук. Очень важно поддержать начинающих исследователей на этом этапе их творчества. Кто-то на конференции знакомится с коллегами и обсуждает близкие научные темы, кто-то использует площадку сессии для своей предварительной защиты. И мы рады, что организованная Вологодским государственным университетом межрегиональная научная конференция становится популярной среди аспирантов, магистрантов и студентов разных университетов страны. Многие рассматривают нашу сессию как «окно возможностей» и начало своего научного признания.

Уважаемые аспиранты и молодые учёные, постарайтесь свои первые результаты исследований сделать отправной точкой, от которой будете строить свою научную карьеру. Будьте успешными, научитесь побеждать в конкурентной борьбе! Цифровая революция делает конкуренцию фактически глобальной. Когда у обучающихся есть доступ к образовательным ресурсам лучших мировых университетов, то конкуренция становится ключевым фактором выживания. А наша научная сессия – это только начало долгого и плодотворного пути!

Л.И. Соколов, доктор технических наук,
профессор, ректор ВоГУ

Секция «УПРАВЛЯЮЩИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ»

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА СВЯЗИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ

П.И. Акмалходжаев
Научный руководитель ***В.А. Горбунов,*** *д-р физ.-мат. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Разработка веб-приложения по принципу Model View Controller (MVC) [1] и создание кроссплатформенного шаблона для интерфейса пользователя является важным этапом администрирования для систем на базе объектно-ориентированного программирования с использованием скриптового языка программирования Personal Home Page Tools (PHP). Любое ошибочное разделение ответственности за различное функционирование модели, представления и логики, приведет к неправильной функциональности веб-приложения в целом.

Целью разработки веб-приложения является предоставление характеристики (внешний вид, свойства атома, химические свойства, термодинамические свойства простого вещества, кристаллическая решётка простого вещества, эмиссионный спектр и т.д.) каждого химического вещества и химического элемента. Отдельно определяется тип химической связи с удобным интерфейсом независимо от типа терминала или компьютера.

Преимущество веб-приложения: независимость от Content Management System(CMS) [2] систем, использования концепции MVC, кроссплатформенный шаблон, взаимодействия с другими веб-приложениями Google и Wikipedia, определения типа химической связи и предоставление характеристики химических элементов. Схема концепции MVC представлена на рис. 1.

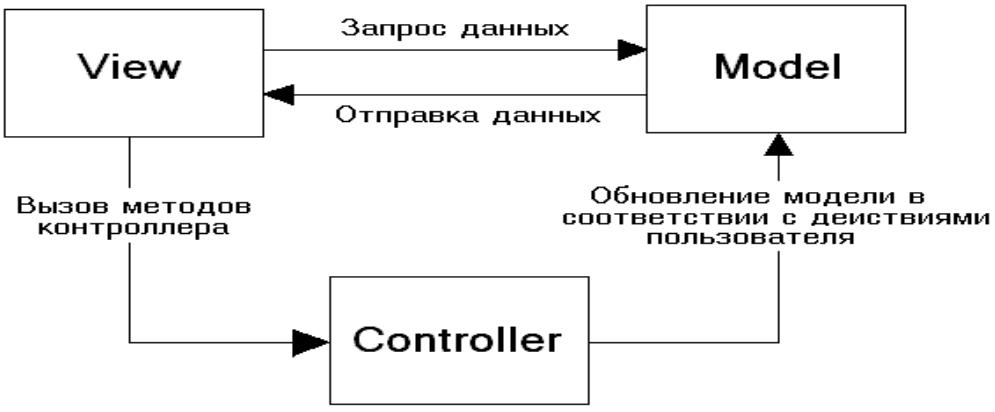


Рис. 1. Концептуальная схема шаблона MVC [3]

Химические связи возникают, когда электроны в атомах взаимодействуют друг с другом. Для вычисления используется таблица Менделеева Д.И. по электроотрицательности, которая приведена на рис. 2. Когда один атом притягивает электроны другого атома, их сила притяжения разная, атом с более высокой электроотрицательностью притягивает атом с более низкой электроотрицательностью, статистика электроотрицательности приведена на рис. 3.

Группа	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
Период																		
1	H 2,1																	He
2	Li 0,98	Be 1,57											B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 3,98	Ne
3	Na 0,99	Mg 1,31											Al 1,61	Si 1,90	P 2,19	S 2,58	Cl 3,16	Ar
4	K 0,82	Ca 1,00	Sc 1,36	Ti 1,54	V 1,63	Cr 1,66	Mn 1,55	Fe 1,83	Co 1,88	Ni 1,91	Cu 1,90	Zn 1,65	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96	Kr 3,00
5	Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22	Zr 1,33	Nb 1,6	Mo 2,16	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,28	Pd 2,20	Ag 1,93	Cd 1,69	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,66	Xe 2,60
6	Cs 0,79	Ba 0,89	*	Hf 1,3	Ta 1,5	W 2,36	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,20	Pt 2,28	Au 2,54	Hg 2,00	Tl 1,62	Pb 2,33	Bi 2,02	Po 2,0	At 2,2	Rn 2,2
7	Fr 0,7	Ra 0,9	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo
Лантаноиды	*	La 1,1	Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,13	Sm 1,17	Eu 1,2	Gd 1,2	Tb 1,1	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb 1,1	Lu 1,27		
Актиноиды	**	Ac 1,1	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,38	Np 1,36	Pu 1,28	Am 1,13	Cm 1,28	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 1,3	Fm 1,3	Md 1,3	No 1,3	Lr 1,291		

Рис. 2. Таблица электроотрицательности химических элементов [4]

Электроотрицательность химического элемента определяется согласно алгоритму [5, 6], а тип связи определяется из полученного значения:

1) Меньше 0,5 – связь «Ковалентная неполярная»;
2) В пределах 0,5-1,6 – связь «Ковалентная полярная»;
3) Больше 2 – связь «Ионная».

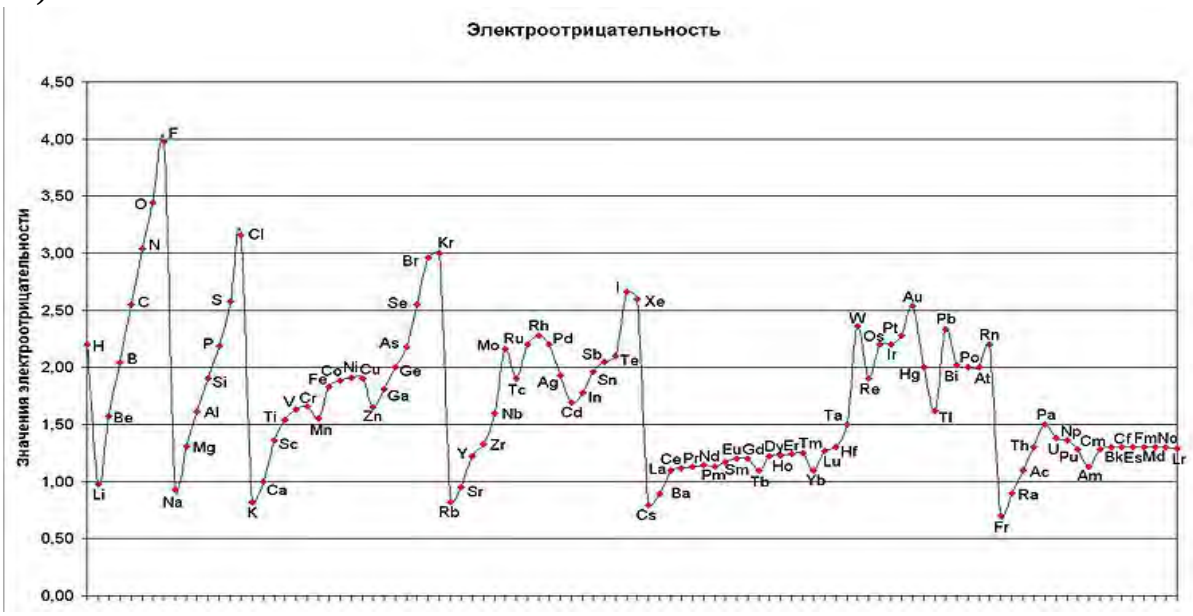
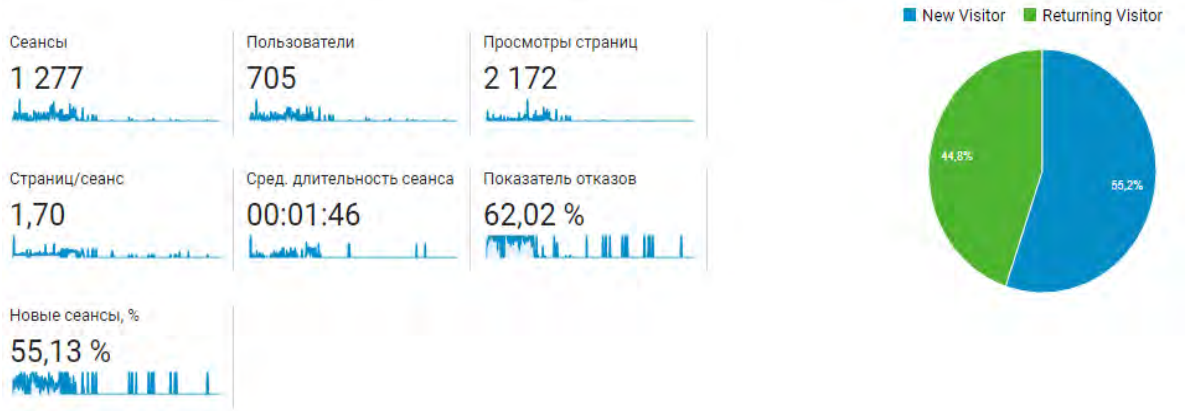


Рис. 3. Статистика электроотрицательности химических элементов [4]

Для предоставления данных о характеристике химических элементов веб-приложение взаимодействует с сайтом Википедия (www.Wikipedia.org) путем переадресации при выборке химического элемента с помощью Get запроса и использования переменной для выборки поля, имени химического элемента.

Предоставление статистики веб-приложения является одним из важных этапов для дальнейшего инвестирования и разработки приложения. Взаимодействие с системой Google позволяет разработанной информационной системе предоставлять администратору сайта расширенную статистику (рис. 4) веб-приложения и подниматься на более высокие позиции по рейтингу по сравнению с остальными веб-сайтами.



		1 277 % от общего количества: 100,00 % (1 277)	55,21 % Средний показатель для представления: 55,13 % (0,14 %)	705 % от общего количества: 100,14 % (704)	62,02 % Средний показатель для представления: 62,02 % (0,00 %)	1,70 Средний показатель для представления: 1,70 (0,00 %)	00:01:46 Средний показатель для представления: 00:01:46 (0,00 %)	0,00 % Средний показатель для представления: 0,00 % (0,00 %)	0 % от общего количества: 0,00 % (0)
1.	Tajikistan	597 (46,75 %)	43,05 %	257 (36,45 %)	83,75 %	1,41	00:01:58	0,00 %	0 (0,00 %)
2.	Russia	239 (18,72 %)	18,83 %	45 (6,38 %)	35,56 %	1,80	00:03:59	0,00 %	0 (0,00 %)
3.	United States	116 (9,08 %)	93,97 %	109 (15,46 %)	35,34 %	2,22	00:00:28	0,00 %	0 (0,00 %)
4.	United Kingdom	76 (5,95 %)	94,74 %	72 (10,21 %)	63,16 %	1,70	00:00:09	0,00 %	0 (0,00 %)
5.	(not set)	51 (3,99 %)	92,16 %	47 (6,67 %)	47,06 %	1,98	00:00:21	0,00 %	0 (0,00 %)
6.	Italy	49 (3,84 %)	100,00 %	49 (6,95 %)	6,12 %	2,82	00:00:00	0,00 %	0 (0,00 %)
7.	Germany	30 (2,35 %)	96,67 %	29 (4,11 %)	10,00 %	2,77	00:00:00	0,00 %	0 (0,00 %)
8.	Netherlands	24 (1,88 %)	58,33 %	14 (1,99 %)	70,83 %	2,38	00:01:51	0,00 %	0 (0,00 %)
9.	Iraq	17 (1,33 %)	100,00 %	17 (2,41 %)	100,00 %	1,00	00:00:00	0,00 %	0 (0,00 %)
10.	Austria	16 (1,25 %)	100,00 %	16 (2,27 %)	6,25 %	2,88	00:00:00	0,00 %	0 (0,00 %)
		364 % от общего количества: 28,50 % (1 277)	52,20 % Средний показатель для представления: 55,13 % (-5,32 %)	190 % от общего количества: 26,99 % (704)	65,38 % Средний показатель для представления: 62,02 % (5,42 %)	1,39 Средний показатель для представления: 1,70 (-18,27 %)	00:02:17 Средний показатель для представления: 00:01:46 (29,39 %)	0,00 % Средний показатель для представления: 0,00 % (0,00 %)	0 % от общего количества: 0,00 % (0)
1.	Apple iPhone	107 (29,40 %)	30,84 %	33 (17,37 %)	37,38 %	1,64	00:04:00	0,00 %	0 (0,00 %)
2.	(not set)	71 (19,51 %)	64,79 %	46 (24,21 %)	83,10 %	1,25	00:01:00	0,00 %	0 (0,00 %)
3.	Samsung SM-G800H Galaxy S5 Mini	23 (6,32 %)	26,09 %	6 (3,16 %)	65,22 %	1,57	00:02:07	0,00 %	0 (0,00 %)
4.	Beeline Smart 5	11 (3,02 %)	9,09 %	1 (0,53 %)	81,82 %	1,18	00:02:15	0,00 %	0 (0,00 %)
5.	Samsung SM-A500F	10 (2,75 %)	10,00 %	1 (0,53 %)	80,00 %	1,20	00:03:48	0,00 %	0 (0,00 %)
6.	Samsung SHV-E300L Galaxy S IV	7 (1,92 %)	28,57 %	2 (1,05 %)	71,43 %	1,29	00:00:45	0,00 %	0 (0,00 %)
7.	Samsung SM-A500F Galaxy A5	7 (1,92 %)	57,14 %	4 (2,11 %)	85,71 %	1,14	00:00:53	0,00 %	0 (0,00 %)
8.	MegaFon MT3A Login 2	5 (1,37 %)	20,00 %	1 (0,53 %)	80,00 %	1,20	00:02:06	0,00 %	0 (0,00 %)
9.	Apple iPhone 4	4 (1,10 %)	25,00 %	1 (0,53 %)	100,00 %	1,00	00:00:00	0,00 %	0 (0,00 %)
10.	Fly IQ4403	4 (1,10 %)	25,00 %	1 (0,53 %)	50,00 %	1,50	00:01:35	0,00 %	0 (0,00 %)

Рис. 4. Окно статистики Google, вкладка «Устройства» и «География» [7]

1. Котеров Дмитрий Владимирович, php 5 2 изд. 2008 г.

2. Колисниченко Д.Н., Движок для вашего сайта – СПБ:БХВ-Петербург 2008. – 368 с.: ил+CD-ROM.

3. https://habrahabr.ru/post/150267

4. https://ru.Wikipedia.org

5. С. С. Бацанов, Структурная химия. Факты и зависимости. – М.: Диалог-МГУ, 2000. – 292 с.

6. Sanderson R.T. Chemical Bonds and Bond Energy. N.Y.: Acad.Press, 1976. – 218 p.

7. https://developers.google.com

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СВЧ-ИЗЛУЧАТЕЛЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

М.Р. Акчурина
Научный руководитель ***М.А. Андреев,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Основными задачами, определяемыми в земельном законодательстве Российской Федерации, являются сохранение и улучшение естественного природного фона и защита земель сельскохозяйственного назначения от неблагоприятного техногенного воздействия, зарастания сорняками и другими растениями, не характерными для конкретного биоценоза. Озвученные задачи распространяются и на земли другого типа, не относящиеся к сельскохозяйственным. Известный практически всем в последнее время борщевик Сосновского для северо-западной зоны России представляет существенную экологическую проблему. Культивировавшийся первоначально как силосное растение, борщевик Сосновского на фоне деградации сельского хозяйства стал распространяться практически неконтролируемо на заброшенных сельскохозяйственных угодьях, территориях населенных пунктов, полосах отчуждения дорог, линий электропередач и пустырях. Наличие в листьях и стеблях борщевика Сосновского веществ, влияющих на качество продуктов животноводства, привело к прекращению культурного выращивания растения в кормовых целях. Ситуация, оставленная без должного внимания человека, привела к состоянию локальных экологических аномалий, когда на весьма больших площадях ничего, кроме борщевика Сосновского, не произрастает, а ареал распространения только увеличивается.

С точки зрения экологии человека, борщевик Сосновского также небезопасен. Фуранокумарины (фотосенсибилизирующие вещества под действием ультрафиолетового излучения переходящие в активную форму), содержащие-

ся в зеленой части растений, вызывают труднозаживающие повреждения кожи человека, по внешнему виду напоминающие химические ожоги. Летучие вещества, выделяемые борщевиком, особенно в его зарослях, достигающих трехметровой высоты, неблагоприятно воздействуют на дыхательную систему. Последний факт крайне затрудняет такую процедуру, как ручное скашивание на неудобьях, особенно в период интенсивного роста и цветения.

Традиционные методы борьбы с борщевиком Сосновского, такие как скашивание и разовое применение гербицидов, не воздействующих на семена растения, без системного многолетнего применения не приводят к летальному уничтожению имеющихся ареалов.

Региональные программы (Вологодская область такую программу имеет) не ориентированы на последовательность и систематичность мероприятий по борьбе с борщевиком Сосновского. Исполнители программы, осваивающие финансовые ресурсы, выделяемые на эти цели, используют исключительно гербициды широкого спектра действия, далеко не безвредные для окружающей среды, человека и животных. При этом химические методы борьбы с борщевиком, основанные на применении гербицидов, не действуют на покоящиеся семена, загрязняют почву и окружающую среду.

Декларируемые на разных уровнях вопросы мониторинга окружающей среды, поиска альтернативных методов и средств защиты культурных посевов от сорняков, включая методы летальной ликвидации, требуют решения на организационном, методологическом, экономическом, финансовом и, безусловно, на техническом уровне.

Рассмотрим способ воздействия на борщевик Сосновского электромагнитным полем сверхвысокой частоты (СВЧ) и дадим предварительную оценку энергозатрат мобильной установки, предназначенной для летального уничтожения растения в явно выраженных ареалах произрастания.

Известные и исследованные в настоящее время в теоретическом и практическом плане способы борьбы с сорной растительностью с применением электрической энергии используют:

- переменный ток высокого напряжения;
- высоковольтные импульсные воздействия;
- электростатические поля высокого напряжения;
- электромагнитные поля сверхвысокой частоты [1, 2, 3, 4, 5].

Методологически с помощью перечисленных выше способов используются следующие варианты воздействий на сорную растительность:

- угнетение или стимуляция прорастания семян сорняков находящихся в пахотном слое почвы;
- уничтожение всходов сорняков после стимуляции;
- уничтожение взрослых сорняков совместно с органами вегетативного размножения.

Летальная ликвидация борщевика Сосновского физически возможна при воздействии СВЧ-излучения на верхний слой почвы, где сконцентрированы семена предыдущих лет и активные ростовые части растений, не плодоносивших в текущем году.

Для реализации мобильной установки требуется предварительный энергетический расчет СВЧ-генератора, обеспечивающего летальность процедуры экспозиции СВЧ-полем борщевика Сосновского.

Фактическая электропроводность почвы, позволяет отнести её к диэлектрикам, если точнее, то к неоднородной смеси различных диэлектриков с разными вариантами поляризации как классической поверхностной с нескомпенсированными зарядами, так и дипольной.

Поведение диэлектриков в электромагнитном поле обычно характеризуется диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь:

$$\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon''$$
$$tg\delta = \varepsilon'' \varepsilon',$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды;

ε' – вещественная составляющая диэлектрической проницаемости среды;

ε'' – мнимая составляющая диэлектрической среды;

$tg\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь.

Тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ характеризует потери энергии на поляризацию диэлектрика. Если величина $tg\delta$ меньше 0.01, то материал близок по характеристикам к идеальному диэлектрику, если больше указанной величины, то это вызывает объемный разогрев материала, подвергаемого электромагнитному воздействию.

Иными словами при воздействии СВЧ-излучения на почву, находящиеся в ней семена борщевика и корневая система растений, также относящиеся к диэлектрикам, будут разогреваться вместе с почвой подобно тому, как происходит нагрев пищевых продуктов в микроволновой печи.

Количество энергии, необходимое для нагрева почвы до летальной температуры, может быть определено в первом приближении на основе известных величин удельной или объемной теплоемкости грунта по усредненной величине теплоемкости, влажности и количественного состава отдельных компонентов в почвенном слое.

При предварительных расчетах удобнее пользоваться величинами объемной теплоемкости, так как экспозиции СВЧ-излучением будет подвергаться площадь поверхности, равная площади излучателя, на заданную глубину прогрева.

Энергия, необходимая для прогрева почвы, определяется известным выражением:

$$W = C_V(t_2 - t_1)V,$$

где W – требуемое количество энергии;

C_V – объемная теплоемкость почвы;

t_2 – температура почвы после экспозиции;

t_1 – температура почвы до экспозиции;

V – прогреваемый объем почвы.

Состав почвы, как правило, неоднороден и содержит кварцеподобные вещества (песок), глинистые компоненты, органические вещества (торф, перегной и др.), воду, воздух, а также семена, живые корни и корневища растений.

В таблице приведены значения объемной теплоемкости некоторых почвенных ингредиентов, необходимые для выбора среднего значения объемной теплоемкости почвы.

С учетом известного усредненного объемного соотношения почвенных ингредиентов, где минеральная составляющая характеризуется 50%, органические вещества в объеме достигают 10%, вода – 25%, а воздух – 15%, значение объемной теплоемкости определяется выражением:

$$C_V = 0.5\, C_{V\text{мин. веществ}} + 0.1\, C_{V\text{орган. веществ}} + 0.25\, C_{V\text{воды}} + 0.15\, C_{V\text{воздуха}} =$$
$$0.5 \cdot 2.01 \cdot 10^6 + 0.1 \cdot 2.51 \cdot 10^6 + 0.25 \cdot 4.19 \cdot 10^6 + 0.15 \cdot 0.0013 \cdot 10^6 \approx 2.3 \cdot 10^6 \text{ Дж/(м}^3 \cdot {}^o\text{C).}$$

Значения объемной теплоемкости почвенных компонентов

Почвенный компонент	Объемная теплоемкость C_V (Дж / {$м^3 \cdot {}^oC$})
Кварцеподобные вещества	$2.01 \cdot 10^6$
Органические вещества	$2.51 \cdot 10^6$
Глинистые минералы	$2.01 \cdot 10^6$
Вода	$4.19 \cdot 10^6$
Воздух	$0.0013 \cdot 10^6$

Полученное значение объемной теплоемкости будет применено на этапе предварительного энергетического расчета СВЧ-установки.

Суммарные затраты энергии, необходимые для прогрева заданного объема почвы, зависят от начального значения температуры и её конечного значения, обеспечивающего летальный исход. Разность температур в 50 градусов гарантированно обеспечивает ликвидацию семян и элементов вегетации растений, даже в случае, когда начальная температура почвы близка к нулю по шкале Цельсия.

В предположении, что прогреваться до летальной температуры будет слой почвы в 0.1м, а площадь облучения составляет 1 квадратный метр, количество энергии составит:

$$W = C_V(t_2 - t_1)V = 2.3 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 0.1 = 11.5 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Энергозатраты, оцененные по другой методике, учитывающей коэффициенты затухания и проникновения СВЧ-излучения в почву, производную роста температуры, характеристики биологического объекта и дозу летального облучения дают несколько меньшие значения энергии, необходимой для летального уничтожения сорной растительности, которые составляют 1,0-7,2 МДж/м^2 [5]. Иными словами, расчет затрат энергии по объемной теплоемкости почвы дает максимум энергетических затрат, включающих в том числе и нагрузочный резерв для самых неблагоприятных условий.

С учетом известных данных и расчетов, выполненных выше, при ориентировочном времени экспозиции СВЧ-излучением около 2 минут гарантированный летальный эффект до глубины 10 см на площади 1 квадратный метр достигается при мощности СВЧ-установки около 100 кВт. При уменьшении площади и неизменном времени экспозиции пропорционально снижается мощность установки.

1. Пряхин, Е.А., Полевик. Н.Д. Оценка биологических эффектов электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой. // Вестник ЧГПУ, 2005. – №7. С. 166-174.

2. Попов, В.М., Миназитдинов А.В. Электроэнергия в борьбе с сорной растительностью. // Вестник ЧГАУ, 2002. – Т. 37. – С. 8-11.

3. Таскаева, А.Г., Таскаев В.П. Теоретические основы и практические приемы борьбы с сорняками в севооборотах Южного Урала. Челябинск: ЧГАУ, 2000. – 143 с.

4. Боронтов, О.К. Борьба с сорняками сахарной свеклы с помощью электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Автореф. дисс. канд. канд. с.-х. наук. Воронеж, ВСХИ, 1987.

5. Полевик, Н.Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений: дис. канд. техн. наук. / Н.Д. Полевик. – Челябинск: ЧГАУ, 2007. – 218 с.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ДИСКОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В.А. Богомолов
Научный руководитель ***А.Н. Андреев,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В производстве черных металлов обезвоживание железорудного концентрата для его подготовки к переделу является одной из важных стадий. Стабильное состояние производства на данном этапе зависит от эффективности и производительности каждой единицы используемого оборудования. Во время процесса подготовки железная руда проходит длинную цепочку технологических операций. Каждое технологическое звено поддерживается сложным техническим оборудованием, которое может стать лимитирующим элементом процесса, влияющим на снижение общей производительности. Поэтому процесс фильтрования для снижения влажности кека является приоритетным аспектом в технологии обезвоживания железорудного концентрата, из чего следует, что процесс требует вакуумной фильтрации в целях обезвоживания и поддержания высокой производительности.

Приоритетную роль в процессе подготовки сырья к плавке в металлургической печи играет четкое разделение системы «жидкость-твердое». Стабильная и производительная работа данного этапа очень часто определяет всю эффективность отдельно взятого комбината. А на цену и сорт конечного продукта влияет непосредственно качество самого фильтрования. Вместе с тем технические возможности фильтрующего оборудования не безграничны и определяются такими показателями, как жизненный цикл фильтра и стойкость к засорению, влияющие на эффективность обезвоживания. Очень часто при выборе того или иного технологического оборудования существенную роль играет стоимость его обслуживания [1].

Основной проблемой керамических фильтрующих элементов в процессе обезвоживания железорудного концентрата является засорённость. Из чего следует, что для увеличения жизненного цикла фильтра следует изучить факторы, которые непосредственно влияют на сам фильтр.

На засорение фильтрующего элемента фильтрационной системы влияет большое количество различных переменных, например: свойства и состав суспензии, свойства фильтрующего материала, уровень вакуума и др. Диагностирование уровня засоренности керамических фильтрующих элементов на основе анализа значений текущего давления в настоящее время не осуществляется, а процесс регенерации фильтра происходит через заданные промежут-

ки времени, определяемые по сути дела произвольно без учета фактической засоренности.

Предлагается в качестве основного диагностического признака использовать динамически изменяющиеся значения абсолютного давления как в процессе фильтрации, так и в процессе регенерации.

В рабочем цикле очевидным представляется факт повышения уровня вакуума (снижения абсолютного давления) по мере засоренности. Поскольку уровень вакуума физически ограничен возможностями вакуумного оборудования, то достижение предельного уровня фактически свидетельствует о необходимости регенерации в функции конкретного значения давления, а не в функции времени непрерывной работы фильтра.

В цикле регенерации процесс изменения давления при заданном расходе промывающей жидкости также имеет тенденцию к снижению по мере роста пропускной способности (регенерации) фильтрующих элементов.

Для подтверждения достоверности заявленных гипотез проанализированы экспериментальные данные изменения давления для дискового вакуумного фильтра ДОО50-2,5-1К, технические характеристики которого приведены в таблице 1.

Из табличных данных следует, что рабочее давление во время процесса фильтрации составляет 0,085Мпа, или 85000 Па. Приведенное значение давления свидетельствует о максимальной фильтрующей способности элементов и штатном режиме работы оборудования с максимальной производительностью.

Таблица 1

Технические данные фильтра ДОО50-2,5-1К

Модель вакуумного-фильтра	Площадь фильтрования, м²	Диаметр дисков, мм	Кол-во дисков	Кол-во секторов в диске	Мощность, кВт, не более	Рабочее давление, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Вакуум-фильтр ДОО50-2,5-1К	50	2500	6	12	6,2	От 0,085 до 2,5	4400х3200х3300	8490

Техническая и метрологическая составляющие экспериментальных исследований обеспечиваются применением автономных микропроцессорных модулей на базе ArduinoMega 2560 [2]. На рис. 1 указаны точки расположения семи датчиков давления на валу вакуумного фильтра.

Результаты измерений в 24-часовом рабочем цикле обработаны и представлены в таблице 2.

Аналогичные измерения давления осуществлялись для 2-часового интервала регенерации с постоянством расхода промывочной жидкости. Обработанные результаты измерений приведены в таблице 3.

Для наглядности табличные данные представлены графиками изменения давлений, приведенных на рис. 2. Кривые изменения давлений, полученных с разных датчиков, практически совпали, так как существенных отклонений давления в зонах фильтрации не наблюдалось, что свидетельствует об однородности процесса засорения фильтрующих элементов в выбранном временном цикле. Выход на предельный уровень вакуума говорит о существенной засоренности всех фильтрующих элементов уже после 12 часов непрерывной работы.

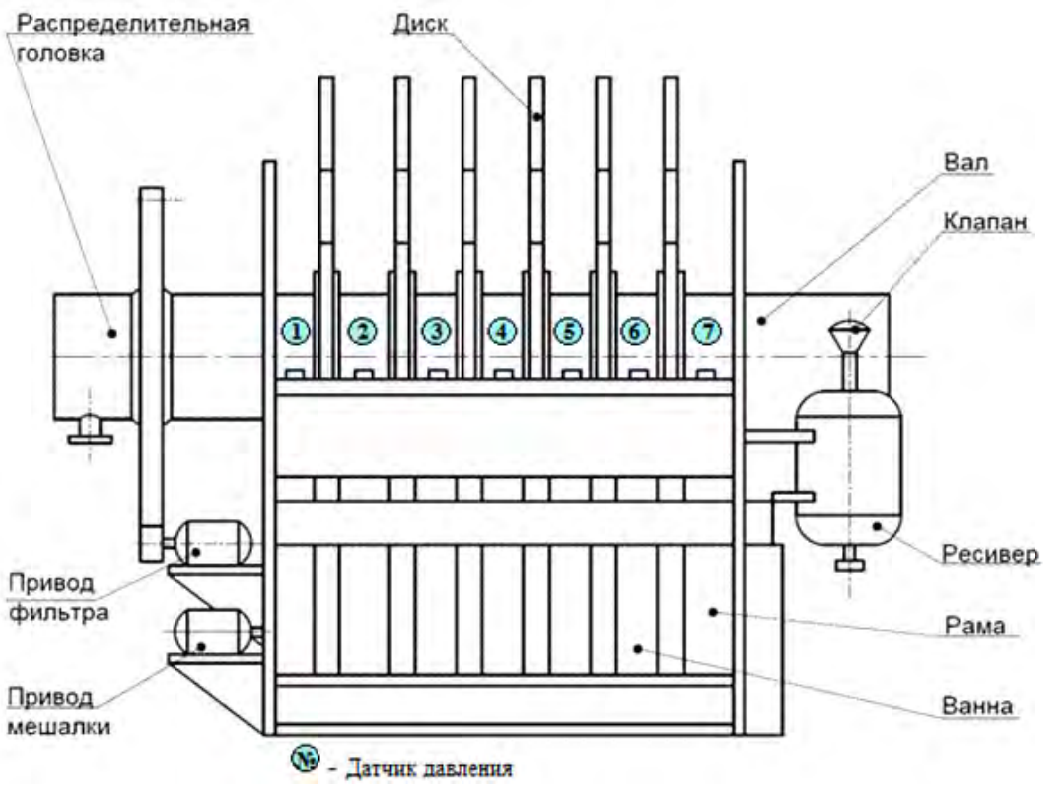


Рис. 1. Размещение датчиков давления внутри фильтрующей системы

Таблица 2

Показатели давления в течение 24-х часового цикла фильтрации

Номер Датчика	30 минут	1 час	2 часа	4 часа	8часов	12 часов	24 часа
1	102053Па	94083Па	70273Па	57090Па	43182Па	22046Па	20789Па
2	102076Па	94033Па	70219Па	57130Па	43192Па	22074Па	20734Па
3	102027Па	94021Па	70240Па	57087Па	43193Па	22045Па	20743Па
4	102023Па	94093Па	70259Па	57164Па	43183Па	22032Па	20709Па
5	102076Па	94035Па	70273Па	57084Па	43181Па	22054Па	20754Па
6	102068Па	94034Па	70290Па	57174Па	43191Па	22034Па	20789Па
7	102023Па	94054Па	70258Па	57143Па	43184Па	22074Па	20724Па

Таблица 3

Показатели давления в течение периода регенерации

Номер датчика	10 минут	30 минут	1 час	2 часа
1	203543Па	185753Па	120032Па	85143Па
2	203374Па	185370Па	120001Па	85173Па
3	203465Па	185987Па	119879Па	85167Па
4	203342Па	185737Па	119343Па	85112Па
5	203652Па	185671Па	119825Па	85134Па
6	203254Па	185674Па	119754Па	85148Па
7	203871Па	185553Па	119954Па	85133Па

В процессе регенерации значения давления достигли паспортных значений, из чего следует, что засорение носило обратимый характер и свойства фильтра, благодаря обратной промывке, полностью восстановились.

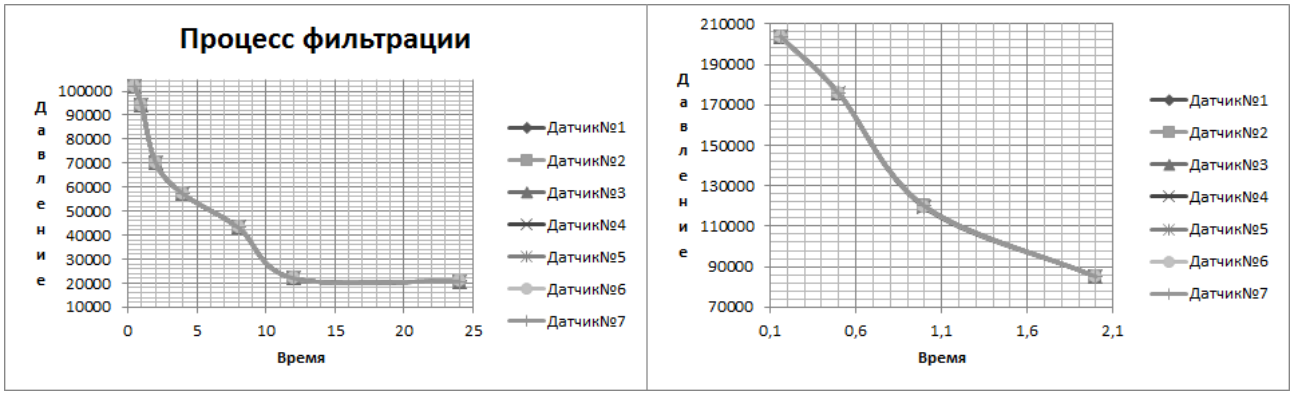


Рис. 2. Графики изменения давления в процессе фильтрования и регенерации

Таким образом, анализ репрезентативной выборки экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что величина абсолютного давления в вакуум-системе керамического дискового фильтра однозначно свидетельствует о степени засоренности фильтрующих элементов. Выход на предельный уровень вакуума является точкой отсчета, когда регенерация уже необходима, а окончание цикла регенерации может фиксироваться по паспортному значению давления.

1. Воловиков А.Ю. Влияние флотационных реагентов на фильтрующие свойства керамических фильтров при обезвоживании железорудного концентрата: Автореф… дис. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПГУ, 2014. – 24 с.
2. Богомолов В.А. Микропроцессорный модуль для измерения и хранения технологических данных вакуумного фильтра // Молодые исследователи – регионам: материалы Международной научной конференции (Вологда, 18-19 апреля 2017 г.): в 4 т. / М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т ; [отв. ред. А.А. Синицын]. – Вологда : ВоГУ, 2017. – Т. 1. – С. 77-79.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

А.А. Зайцев
Научный руководитель ***А.В. Машкин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время одним из наиболее широко применяемых типов электрических двигателей в автоматизированном электроприводе (ЭП) является трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором. Регулирование скорости в таких ЭП, как правило, осуществляется при помощи изменения частоты напряжения, формируемого на фазах статора АД, которое осуществляется при помощи силовых ключей преобразователя частоты (ПЧ). В большинстве случаев ПЧ выполняется по классической схеме трехфазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН), схема которого представлена на рис. 1.

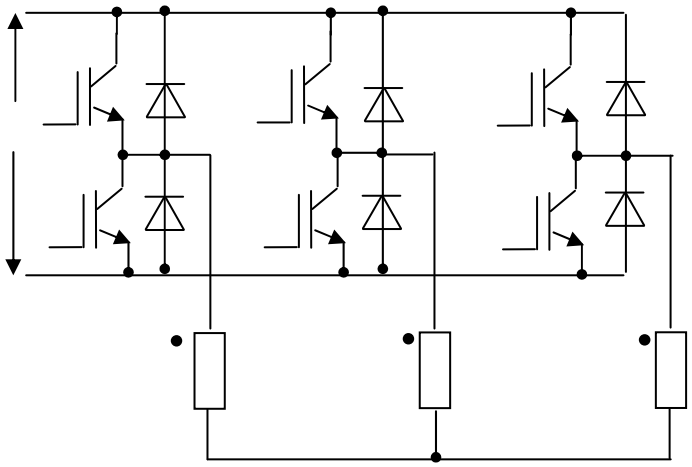


Рис. 1. Схема классического трехфазного АИН

В большинстве случаев в качестве источника первичного электропитания для автоматизированного ЭП выступает трехфазная промышленная сеть переменного тока, поэтому в силовой схеме такого преобразователя появляется промежуточное звено постоянного тока, обычно выполненное в виде трехфазного мостового НВ. Для управления электромагнитным моментом в таком двигателе могут использоваться как алгоритмы скалярного (модульного) управления, так и алгоритмы векторного управления [1]. Для формирования огибающих формируемого напряжения близких к синусоидальной форме даже при скалярном управлении могут использоваться различные алгоритмы модуляции ключами АИН [2,3]. В то же время существуют и альтернативные схемы ПЧ, которые обладают большим количеством силовых ключей, но по-

зволяют сформировать синусоидальное напряжение близкое к синусоиде на фазах АД при меньшей частоте модуляции.

В первом приближении произвести сравнительный анализ энергоэффективности применения различных схем силовых ПЧ можно, выполнив оценку коэффициента мощности и КПД АД в статических режимах работы для различных точек его механической характеристики. С этой целью необходимо произвести синтез математической модели ПЧ-АД. Причем синтез математической модели можно осуществлять либо с использованием типовых звеньев систем автоматического управления [4], либо по составленной системе уравнений, описывающих поведение системы, составлять программу для ее решения на одном из языков высокого уровня [5]. Поскольку оценка энергоэффективности предварительно производится для статических режимов работы, то в качестве простейшей статической модели АД можно взять эквивалентную R-L нагрузку [1], параметры которой находятся из Т-образной схемы замещения АД (рис. 2).

Активное сопротивление:

$$R_э=r_s+(r_r \cdot x_\mu^2 \cdot f_s^* \cdot f_r^*)/(r_r^2+x_r^2 \cdot f_r^2).$$

Индуктивное сопротивление:

$$X_э=f_s^* \cdot x_s-(x_\mu^2 \cdot x_r \cdot f_r^2 \cdot f_s)/(r_r^2+x_r^2 \cdot f_r^{*2}).$$

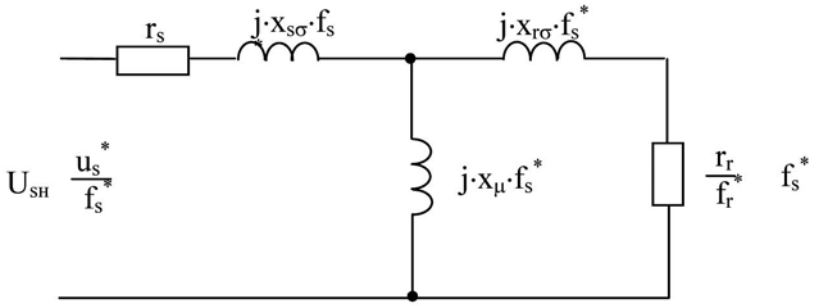


Рис. 2. Т-образная схема замещения АД

При использовании данной модели оценка режима работы схемы сводится к решению простейшего дифференциального уравнения:

$$u_s(t) = L_э \cdot \frac{di_э(t)}{dt} + R_э \cdot i_э(t), \qquad (1)$$

где $L_э=X_э/(2 \cdot \pi \cdot f_s)$ – эквивалентная индуктивность схемы замещения АД, Гн.

Для такого вида дифференциальных уравнений существует аналитическое решение:

$$i_э(t) = \int (\frac{u_s(t)}{L_э} \cdot e^{\int \frac{R_э}{L_э} dt} + A) \cdot e^{-\int \frac{R_э}{L_э} dt},$$

где *A* – это постоянная интегрирования.

Однако даже при синусоидальном напряжении $u_s(t)=Um \cdot sin(\omega_s t)$, подаваемом на фазу статора АД, это решение преобразуется к виду:

$$i_{ý}(t) = \frac{Um}{L_{ý}} \cdot \left(\frac{R_{Ý} \cdot \sin(\omega_s t)}{L_{ý}\left(\frac{R_{ý}^{\,2}}{L_{ý}^{\,2}} + \omega_s^{\,2}\right)} - \frac{\omega_s \cdot \cos(\omega_s t)}{\frac{R_{ý}^{\,2}}{L_{ý}^{\,2}} + \omega_s^{\,2}}\right) + A \cdot e^{-\frac{R_{ý}}{L_{ý}} t}$$

.

С учетом возможного применения данной модели к оценке работы системы и при несинусоидальном напряжении на входе представляется целесообразным перейти к численному решению (1), например, при помощи метода Эйлера. Значения эквивалентных сопротивлений, тока нагрузки и ее коэффициента мощности, при номинальном режиме работы рассматриваемых АД, параметры схем замещения которых взяты из [6], сведены в таблице.

Для оценки КПД АД при заданном режиме работы необходимо найти мощность на валу АД. С этой целью построим механическую характеристику АД при пропорциональном законе частотного управления [1]:

$$M = \frac{m_s \cdot p_{ï}}{2 \cdot \pi \cdot f_{sí}} \cdot \left(\frac{u_x^*}{f_s^*}\right)^2 \cdot \frac{r_r}{f_r^*} \cdot \frac{x_\mu^2 \cdot U_{ûõ}^2}{F^2(f_s^*, f_r^*)}, \qquad (2)$$

где m_s – число фаз обмотки статора;

$$F(f_s^*, f_r^*) = \sqrt{\left(\frac{r_s \cdot r_r}{f_s^* \cdot f_r^*} - x_r \cdot x_s \cdot \sigma\right)^2 + \left(\frac{r_r}{f_r^*} \cdot x_s + \frac{r_s}{f_s^*} \cdot x_r\right)^2};$$

$\sigma = 1 - \frac{x_\mu}{x_s \cdot x_x}$ – коэффициент рассеяния машины;

$f_r^* = s \cdot f_s^*$ – относительная частота тока ротора.

График механической характеристики, построенный по (2) для АД 4А132S6УЗ при номинальном задании частоты вращения ($f_s^* = 1$), приведен на рис. 3.

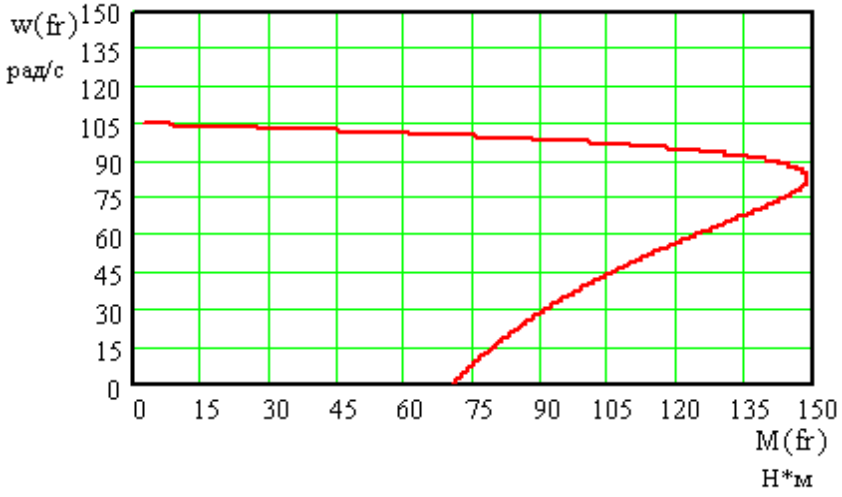


Рис. 3. График механической характеристики 4А132S6УЗ

Для определения мощности на валу АД необходимо знать механическую характеристику исполнительного механизма. Тогда, построив семейство механических характеристик АД и механической характеристики исполнительного механизма, в точках пересечения их графиков можно будет определить

механическую мощность на валу АД $P_{мех}=M\cdot\omega$ и КПД системы как отношение мощности на валу АД к потребленной электрической мощности. Определим корректность используемой модели при номинальном скольжении и номинальной нагрузке на валу рассматриваемых АД. Данные расчетов мощности на валу АД и его КПД при работе на номинальную нагрузку сведены в табл. Там же приведены справочные данные ($P_{мех}$, cos φ и η), взятые из [6].

Таблица

Параметры используемой модели и результаты расчета при номинальном режиме

Марка АД	$R_э$, Ом	$X_э$, Ом	I_s, А		cos φ		$P_{эл}$, кВт	$P_{мех}$, кВт		η	
			спр.	рас.	спр.	рас.		спр.	рас.	спр.	рас.
4А132S6У3	15,13	10,97	12,25	11,76	0,8	0,83	6,42	5,5	5,62	0,85	0,88
4А112М4У3	17,92	9,90	11,47	10,7	0,85	0,88	6,2	5,5	5,58	0,85	0,9
4А250S4У3	1,55	0,65	135,77	130,75	0,9	0,93	80,2	75	76,57	0,93	0,95
4А280S6У3	1,38	0,69	138,78	142,83	0,89	0,9	85,3	75	79,52	0,92	0,93

По результатам приведенных расчетов можно сделать вывод, что расчетная мощность на валу двигателя с небольшой погрешностью совпадает со справочными данными, максимальная абсолютная погрешность в определении КПД составляет 5%, а коэффициента мощности – 3,75%. Поэтому данную математическую модель все же можно использовать для оценки энергоэффективности различных силовых схем ПЧ между собой, учитывая при этом, что она вносит погрешность в определение коэффициента мощности и КПД, а также приводит к относительно небольшому завышению мощности на валу двигателя. Для более точного описания процессов следует воспользоваться математическим описанием АД в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений.

1. Грузов, В.Л. Автоматизированный электропривод: учебное пособие в 3 ч: Ч I: Электромеханические системы / В. Л. Грузов, С.А. Ковчин, Ю.А. Сабинин. – Вологда : ВоГТУ, 2005. – 262 с.

2. Грузов В.Л., Машкин А.В., Красильников А.Н. Анализ и оптимизация алгоритмов управления в частотно-регулируемых электроприводах с инверторами напряжения // Электротехника, 2000. – №4 – С. 15-20.

3. Грузов В.Л., Машкин А.В. Сравнительный анализ алгоритмов управления автономными инверторами напряжения в асинхронных электроприводах // Электротехника, 2001. №12. – С. 34-40.

4. Бакаев, В.Н. Моделирование систем: учебное пособие / В. Н. Бакаев. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – 159 с.

5. Машкин, А.В. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие / А. В. Машкин. – Вологда : ВоГУ, 2014. – 75 с.

6. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 504 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ СХЕМ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

О.В. Князева
Научный руководитель ***А.Н.Ожегов,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вятский государственный университет
г. Киров

В системах электроснабжения городов особое внимание уделяют таким параметрам, как экономичность, надежность, безопасность и удобство эксплуатации, возможность дальнейшего развития. Перерыв электроснабжения приводит к значительному социально-экономическому ущербу.

Традиционный подход повышения надежности электрических сетей предполагает резервирование, что приводит к увеличению стоимости и количества элементов сети. Одним из способов решения этой проблемы является применение гексагональных схем.

Интеллектуальные сети (Smart Grid) представляют собой новый инструментарий для модернизации всей электроэнергетической отрасли.

Концептуально Smart Grid предусматривает решение следующих основных задач:

- повышение показателей надежности распределительных сетей;
- адаптивное автоматическое управление сетью и её элементами;
- диагностирование и локализация дефектов.

Переход от радиальных и магистральных сетей к более гибким, в том числе к адаптивным равномерно распределенным сетям, позволяет рассматривать каждый узел сети как активный элемент. Активные узлы позволяют находить оптимальный режим работы сети за счет реконфигурации. Примером интеллектуальной сети является гексагональная распределительная сеть, рассмотренная в [1] (рис.1).

Концепция гибких сетей реализуется на основе равномерно-распределенной сети гексагонального типа.

По своей сути гексагональная сеть равномерно размещенных по территории распределенных узлов нагрузки имеет сотовую конфигурацию с соединениями в правильные шестиугольники проводами одинакового сечения.

Узлы гексагональной сети универсальны и управляемы по одинаковым алгоритмам (рис. 2). Все кабельные линии между РП находятся в рабочем состоянии. Структура такой сети систематизирована, однотипно сконфигурирована и практически оптимальна.

Параллельная работа источников питания в гексагональных сетях ведет к увеличению токов короткого замыкания в узлах нагрузки, что для некоторых устройств является недопустимым по динамической устойчивости. Разделе-

ние единой гексагональной сети на зоны нивелирует указанный факт и позволяет снизить величины токов короткого замыкания.

Зонирование повышает устойчивость сети без потери гибкости с точки зрения возможностей реконфигурации в различных режимах работы, включая аварийные. Поузловой учет уровней загрузки повышает точность учета реального энергопотребления, а уменьшение мощности питающих узлов уменьшает риск цепочечного распространения аварий при возникновении дефектов.

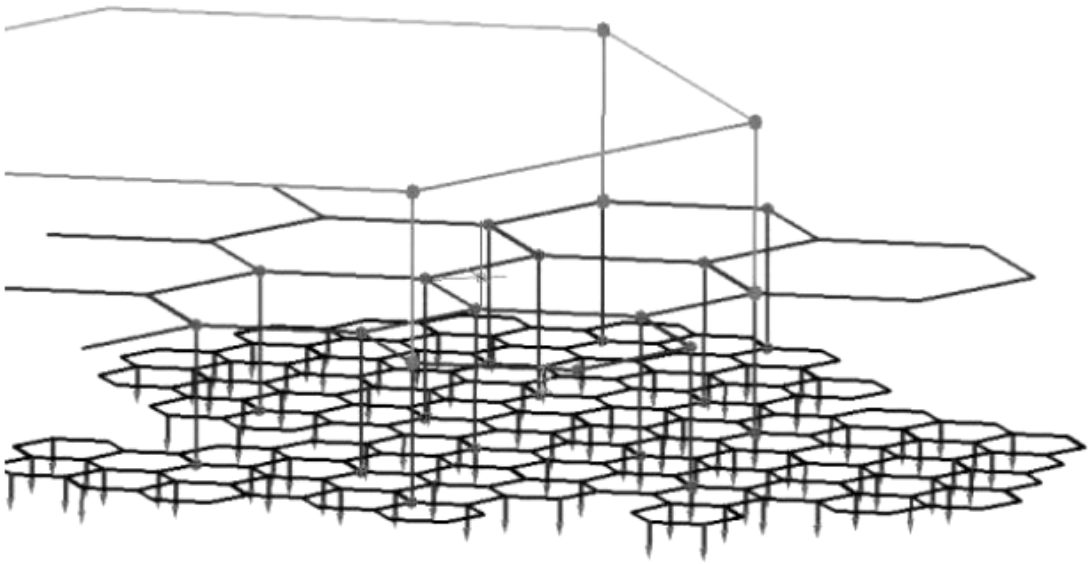


Рис. 1. Структура гексагональной распределительной сети различных уровней напряжения

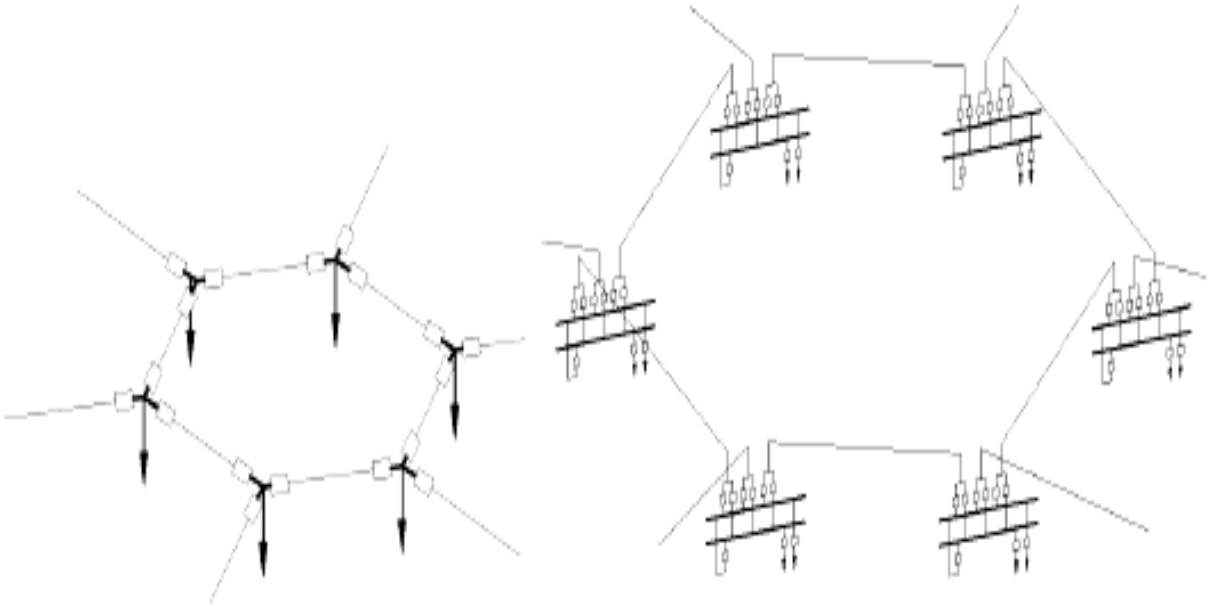


Рис. 2. Ячейка гексагональной сети с распределительным устройством в узлах нагрузки

Повышение гибкости сети и улучшение качества электроснабжения потребителей достигается за счет применения отработанных алгоритмов управления интеллектуальными цифровыми подстанциями, расположенными в узлах гексагональной распределительной сети.

Практическая реализация гексагональных сетей возможна только при использовании цифрового оборудования в узлах нагрузки, чем гарантируется современный уровень управляемости, надежности и гарантированности электроснабжения в энергетике распределительных сетей.

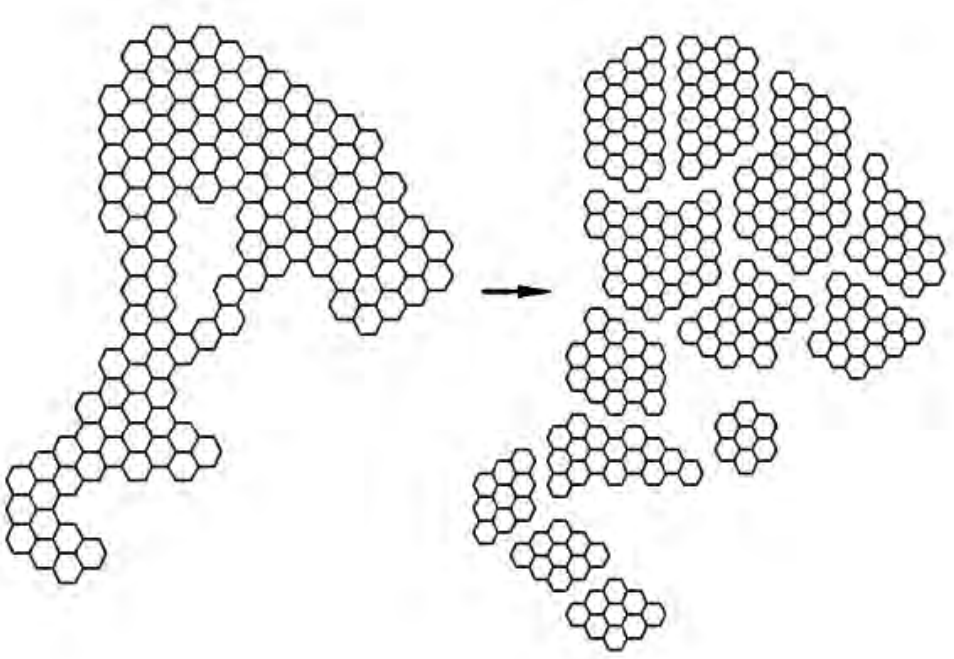


Рис. 3. Разделение сети на зоны для уменьшения токов КЗ

Таким образом, рациональное применение гексагональных схем в городских электрических сетях позволяет повышать качество электроснабжения без существенного увеличения количества элементов распределительных сетей и стоимости системы в целом.

1. Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А., Зырин Д.В. Городские распределительные сети 10-20 кВ с гексагональной конфигурацией // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, 2013. – №5(102). – С. 309-315.

2. Ожегов, А.Н. Анализ схемных решений городских электрических сетей [Электронный ресурс] / А.Н.Ожегов, Н.С. Минин ; ВятГУ, КирПИ, ЭТФ, каф. ЭПС // Общество, наука, инновации. НПК – 2016 : научное издание: всероссийская ежегодная научно-практическая конференция: НПК-2016, 18-29 апреля 2016 г. / ВятГУ. – Киров, 2016. – С. 2043-2050.

ДВУХКОНТУРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Л.Н. Колесова
Научный руководитель ***А.М. Водовозов,*** *канд. техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время требования к инженерной оснащенности индивидуальных жилых домов заметно возрастают. Одним из главных критериев является надежное водоснабжение дома, которое обеспечивает система автономного водоснабжения.

Одним из способов решения проблемы водоснабжения является бурение скважины. Наиболее популярные скважины «на известняк», глубина которых 35-100 метров и больше, и скважины «на песок» – глубиной до 35 метров. В большинстве случаев пригодный для использования водоносный горизонт находится к поверхности еще ближе, однако дебит такого источника всегда ограничен.

Для автономных систем водоснабжения производители предлагают насосные станции, которые включают в себя погружной насос, гидроаккумулятор и реле давления, обеспечивающие своевременную подкачку воды в гидроаккумулятор и поддержание давления в системе в разумных пределах. Однако при малом дебите и запесоченности скважины такие стандартные решения не обеспечивают надежного водоснабжения.

Одной из причин такого положения является тот факт, что предлагаемые на рынке центробежные насосы имеют производительность 1-3 $м^3$/час, а дебет запесоченной скважины обычно значительно меньше и не превышает 150-200 л/час.

С одной стороны, даже 100 л/час зачастую достаточно для обеспечения суточной потребности жилого дома, как правило, не превышающей 2 $м^3$ в сутки. С другой стороны, в отдельные интервалы времени пиковая потребность может в несколько раз превышать дебит скважины. Поэтому один гидроаккумулятор не в состоянии решить поставленную задачу и система должна иметь второй накопитель-резервуар, обеспечивающий пиковые нагрузки системы водоснабжения.

Для регулирования производительности насоса в условиях, когда его паспортная производительность в разы превышает дебит скважины, существует несколько общепринятых способов [1]:

- уменьшение мощности приводного двигателя, за счет регулирования подводимого напряжения;

- уменьшение частоты вращения вала двигателя за счет понижения частоты питающей сети (частотное регулирование);

- увеличение гидравлического сопротивления в системе, за счет установки гидравлических дросселей;

- перепускание воды обратно в скважину.

Все эти способы в рассматриваемом случае неэффективны.

Снижение напряжения не рекомендуется производителями насосного оборудования из-за больших потерь электроэнергии и возможного выхода насоса из строя; преобразователи частоты по своей стоимости зачастую превышают стоимость насосной установки; увеличение гидравлического сопротивления чревато снижением отвода тепла и перегревом двигателя; а перепуск воды обратно в скважину связан с дополнительными потерями энергии.

Таким образом, решение поставленной задачи необходимо искать в направлении создания двухконтурной системы с двумя накопителями воды и регулированием производительности путем задания интенсивности заполнения внешнего накопителя.

Функциональная схема предлагаемой системы приведена на рисунке.

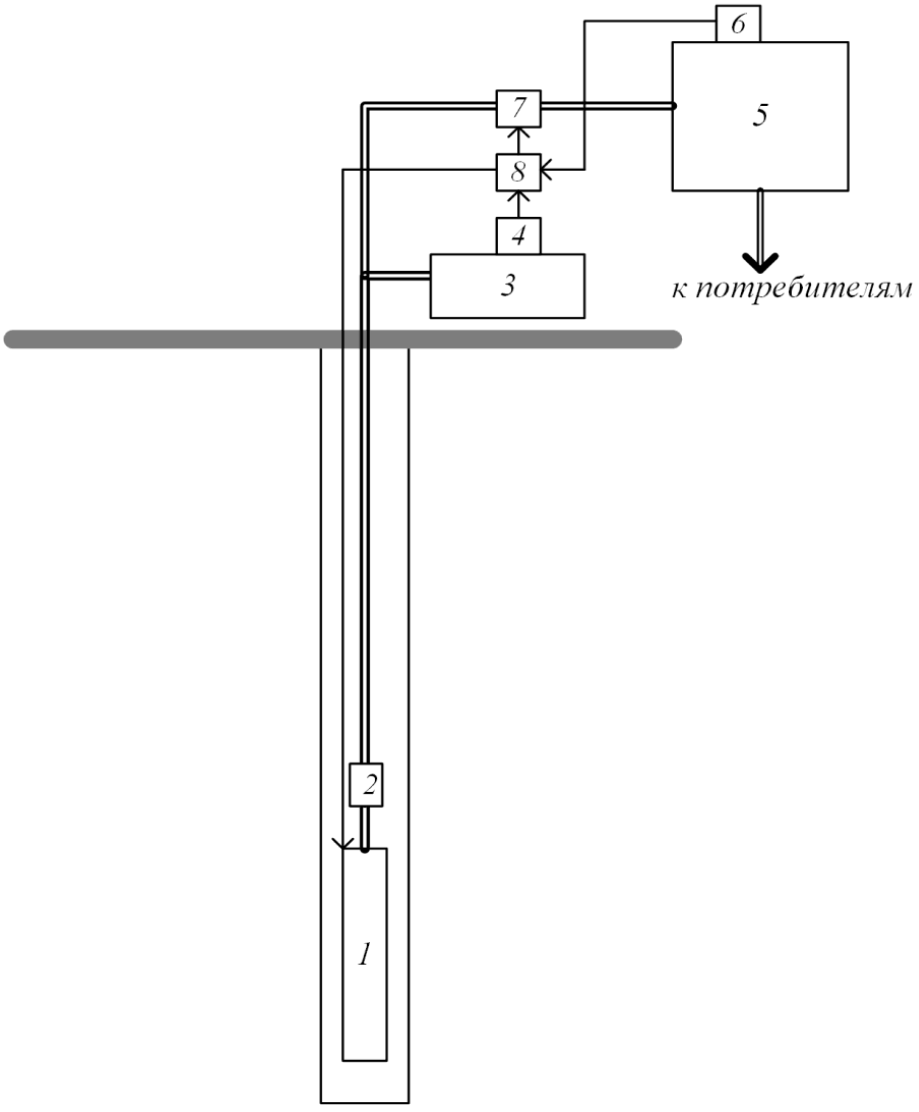


Рис. Функциональная схема системы водоснабжения

Система состоит из погружного насоса (1) с обратным клапаном (2), гидроаккумулятора (3) с датчиком давления (4), накопителя (5) с датчиком уровня (6), дросселя (7) и управляющего контроллера (8).

Внутренний контур, состоящий из насоса, гидроаккумулятора, датчика давления и дросселя, обеспечивает производительность насоса, не превышающую дебита скважины. Внешний контур, состоящий из накопительной емкости с датчиком уровня, обеспечивает постоянный уровень воды в накопителе. Микроконтроллер берет на себя функции регулятора во внутреннем и внешнем контуре [2].

1. Дячек, П. И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство"/ П. И. Дячек. – Москва: АСВ, 2012. – 432 с.
2. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А. М. Водовозов. – [Изд. 3-е, доп. и перераб.]. – Москва : Инфра-Инженерия, 2017. – 163 с.

ТИПОВАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ИСТИННОЙ ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ

А.А. Майоров, И.Ф. Мигазов
Научный руководитель ***В.М. Солдаткин,*** *д-р техн. наук, профессор*
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань

В общем случае под информационно-измерительными и измерительно-вычислительными системами (ИИС и ИВС) понимают [1] совокупность функционально связанных между собой измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств, объединенных единством задачи и общим алгоритмом функционирования и предназначенных для автоматического сбора измерительной информации непосредственно от объекта измерения, её преобразования и обработки в целях представления потребителю в требуемом виде либо автоматического осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации.

При выборе между типовыми структурными схемами ИИС параллельного типа (рис. 1а), которые обладают высоким быстродействием и высокой надежностью, но имеют большие аппаратные затраты и стоимость, а также сложное управление, и параллельно – последовательного (рис. 1б) действия, в котором существенно снижаются аппаратные затраты и упрощается управле-

ние системой, но снижается надежность и быстродействие ИИС (ИВС), предпочтение отдается первому виду систем. [1]

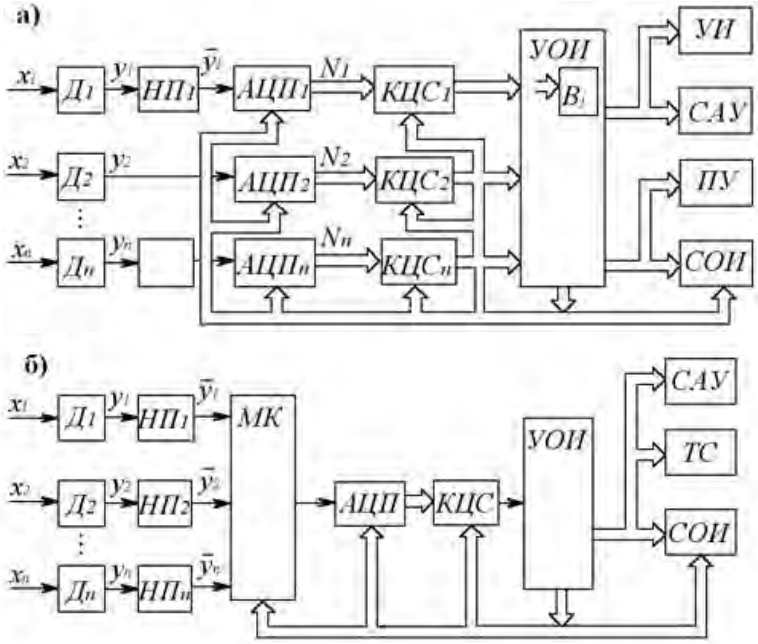


Рис. 1. Типовые структурные схемы ИИС

Структурно-функциональная схема канала измерения ИВС изображена на рис. 2, где ПВД – приемник воздушных давлений; ДАД – датчик абсолютного давления; ДПД – датчик перепада давлений; ПТТ – приемник температуры торможения; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; УОИ – устройство обработки информации; СОИ – система отображения информации; ТС – технические средства; САУ – система автоматического управления.

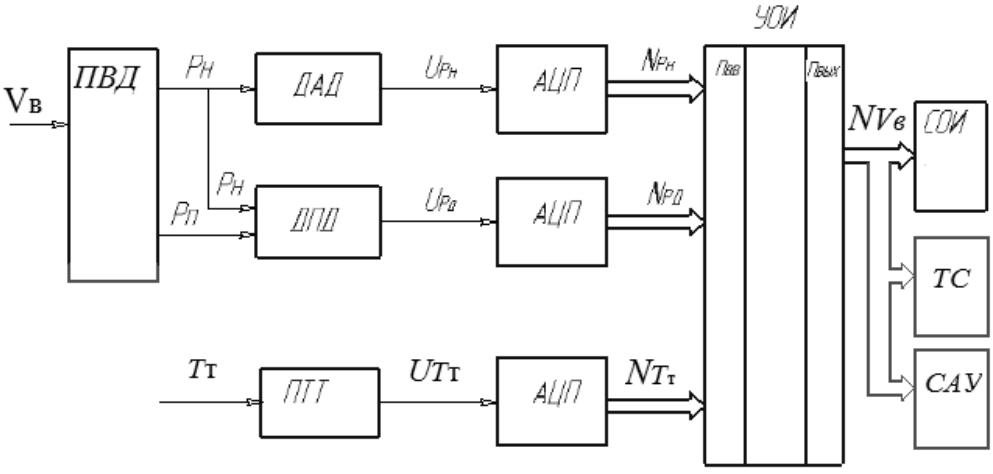


Рис. 2. Типовая структура канала измерения истиной воздушной скорости

К достоинствам данной структуры можно отнести большое быстродействие, высокую надежность. Также будут снижены аппаратные затраты.

Для бортовых ИИС (ИВС) характерно большое числе датчиков аналоговых сигналов, основанных на различных принципах действия и имеющих раз-

личный вид выходного сигнала, что обусловливает необходимость использования АЦП (преобразователей напряжение-код, преобразователей частота-код, преобразователей фаза-код и т.п.) различной разрядности и быстродействия. При этом частоты выдачи выходной информации по различным параметрам – различны, а необходимость в их выдаче может возникнуть в случайные моменты времени. Это требует наличия в устройстве обработки информации развитой системы прерываний, обеспечивающей реакцию УОИ на многочисленные внешние запросы, в том числе на информацию, поступающую с пульта, пилота. Кроме того, задачи и алгоритмы обработки информации на различных режимах полета разнообразны и сложны, а решать их необходимо в реальном масштабе времени. Эти обстоятельства представляют жесткие требования к производительности устройства обработки информации УОИ, а также к системе его команд, которая должна обеспечивать решение широкого круга научно-технических и логических задач. Обычно бортовая ИИС (ИВС) является специализированной, так как она работает с вполне определенным составом внешних устройств сбора и отображения информации и программы функционирования подсистем, и их взаимодействия друг с другом жестко прошиты в долговременных запоминающих устройствах. Обмен информацией между функциональными элементами и внешними устройствами в бортовых ИИС (ИВС) осуществляется в различном виде и по различным каналам обмена цифровой информацией.

1. Систематическое проектирование измерительно-вычислительных систем: учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / Под редакцией проф. В.М. Солдаткина. Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 2011. – 150 с.

2. Приборы первичной информации: Учебник для авиационных вузов / Боднер В.А. Москва : Машиностроение, 1981. – 432 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ПЕШЕХОДНЫХ ЗОН

А.А. Макаров, С.Н. Богошевич
Научный руководитель ***А.М. Водовозов,*** *канд. техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Действующая на данный момент система освещения городских пешеходный зон требует больших затрат электроэнергии, и, соответственно, на нее выделяется большой объем финансирования из бюджетов разных уровней.

Таким образом, задача автоматизации и внедрения инновационных технологий в эту отрасль достаточно актуальна. Цель выполняемой работы состоит в создании автоматизированной системы управления уровнем освещенности пешеходных зон с уменьшенными энергозатратами и возможностями регулирования уровня освещенности и цветовой гаммы. Исходя из названной цели, определяются следующие основные задачи:

1. Анализ существующих решений;
2. Выбор прототипа и его функционально-стоимостный анализ;
3. Поиск методов устранения недостатков прототипа;
4. Выбор компонентного состава для аппаратной части;
5. Разработка основных и вспомогательных алгоритмов;
6. Организация внутрисистемного интерфейса;
7. Реализация среды внешнего взаимодействия;
8. Разработка принципиальной схемы макетного образца;
9. Разработка программного кода для основных и вспомогательных алгоритмов;
10. Тестирование макетного образца в реальных условиях.

Анализ патентной и иной доступной документации с целью выявления аналогов дает следующие результаты.

Светильники на основе дуговых ртутных ламп, как правило, включаются и выключаются в групповом режиме из диспетчерского пункта оператором, по фотореле или по заранее сформированному временному графику с привязкой к астрономическому времени. Возможности регулирования в этом случае ограничены, а энергосбережение обеспечивается специальным ночным режимом путем отключения отдельных фаз электроснабжения.

Применение понижающих трансформаторных светорегуляторов с переменными коэффициентами трансформации для питания ртутных ламп обеспечивает энергосбережение в ночное время уменьшением напряжения питающих фаз с одновременным снижением светового потока без оперативной возможности его восстановления при наличии транспортных средств или пешеходов.

Существуют и применяются интеллектуальные системы управления освещением на основе твердотельных источников света (Описание изобретения к патенту Российской Федерации № 2561494, МПК H05B 37/02), содержащие многочисленные модули управления, которые обеспечивают различные функции управления мощностью, включая обнаружение присутствия человека и восприятие уровня окружающего света. Полноформатное управление в этом случае осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режиме. Средства внешнего взаимодействия на основе проводных и беспроводных интерфейсов обеспечивают реализацию различных вариантов обратных связей как на уровне техники, так и на уровне пользователя.[1]

Проект разрабатывается на основе аналога с названием «Автоматизированная система управления освещением дорог». Было выбрано это решение, так как данный проект относится к энергосберегающим системам. Но у данной системы имеются недостатки, а именно:

1. Экономия электроэнергии обеспечивается только за счет снижения потребляемой мощности группой светильников за период, определяемый ночным графиком, что не учитывает передвижение в данный период пешеходов, из-за чего ухудшаются условия безопасности движения.

2. Отключение части светильников в линии или снижение их светового потока с целью экономии электроэнергии производится дистанционно вне зависимости от нахождения на освещаемом участке движущихся транспортных средств или пешеходов.

Планируется исправление вышеперечисленных недостатков таким образом, чтобы система изменяла не только уровни освещенности, но и цветовую гамму света в зависимости от времени года и времени суток.

Очувствление системы будет осуществляться за счет датчиков освещенности, датчиков движения и, возможно, видеокамер. Реализацию программной части предполагается осуществить на базе универсального микроконтроллера по синтезированным алгоритмам.

Освещение будет осуществляться за счет светодиодов Osram Ostar Stage. Данный светодиод имеет функцию изменять цветовую температуру в диапазоне от 2700 K до 10000 K.[2]

Рассматривается три варианта осуществления взаимосвязи между объектами системы:

1. Интерфейс RS-485.[3]
2. Wi-Fi соединение.
3. GSM соединение.[4]

Вариант схемы соединений с интерфейсомRS-485 приведен на рисунке.

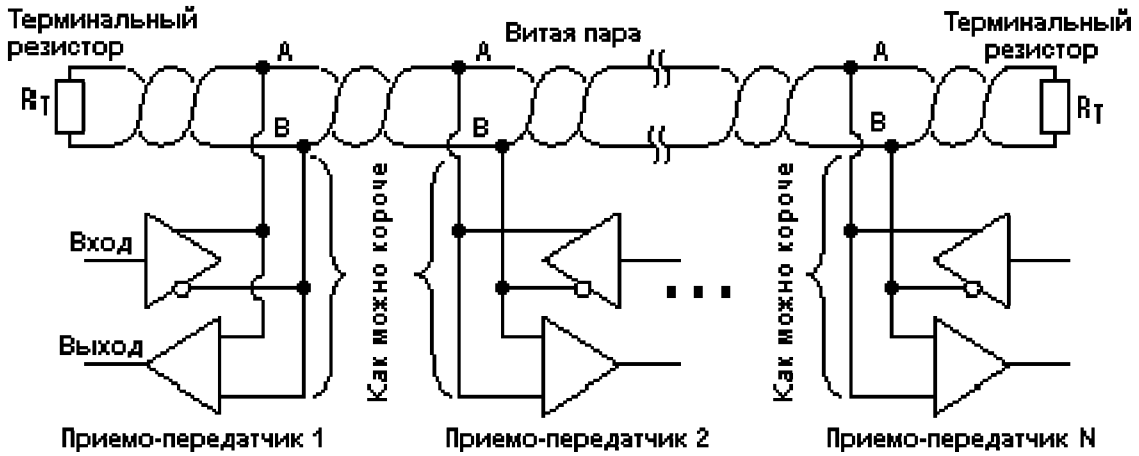


Рис. Схема подключения интерфейса RS-485

Дополнительно рассматривается вариант реализации питания отдельных светильников с помощью аккумуляторных батарей и солнечных панелей.[5]

1. Банк патентов [Электронный ресурс]: информационная справочная система – Режим доступа: http://bankpatentov.ru[1]

2. Светодиод OsramOstarStage: настраиваемый белый свет [Электронный ресурс]: информационная справочная система – Режим доступа: http://www.osram-os.com/osram_os/ru/press/press-releases/russian/2013/ostar-stage/index.jsp[2]

3.RS-485 [Электронный ресурс]: информационная справочная система – РЕЖИМ ДОСТУПА: HTTPS://RU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RS-485[3]

4. GSM [Электронный ресурс]: информационная справочная система – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM [4]

5.Солнечная батарея [Электронный ресурс]: информационная справочная система – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея [5]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА ПЛАЗМАТРОНА

М.А. Малышев
Научный руководитель ***В.Н. Бакаев,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Целью работы является модернизация и поиск вариантов улучшения точностных показателей системы управления одного из электроприводов станка плазменной резки RUR 2500 с ЧПУ. Работа актуальна для предприятия АО «Союзлесмонтаж», эксплуатирующего станок указанного типа. В процессе

эксплуатации выявилась особенность, называемая «удар резака», а именно: если в процессе работы резак долго двигается по траектории разреза, то он часто «ныряет» в конце резки. Система регулировки положения резака опускает его, чтобы скорректировать возросшее напряжение из-за растяжения дуги. Проблема возникает из-за того, что электроприводы резака управляются от напряжения, поступающего от стойки ЧПУ. «Ныряние» резака вызывает прожиг на малой высоте, что приводит к забрызгиванию расплавленным металлом переднего края сопла и защитного колпачка, вызывая повреждения деталей и последующее ухудшение качества резки.

Предварительно был произведен поиск решений данных проблем в интернете. На отечественном рынке наиболее популярна продукция компании «Giden Electronics». Они предоставляют программный продукт, который устанавливается на контроллеры фирмы «Eckelmann». Данная фирма полностью заменяет электрические компоненты ЧПУ на свои, которые в последующем будут настроены под требования, представленные заказчиком. Также стоит отметить продукт компании «CyberSTEP». Они поступают гораздо проще и предоставляют новую стойку ЧПУ, подключая к ней уже существующее оборудование. Как заверяет производитель, это обходится гораздо дешевле, чем разрабатывать систему управления под конкретный случай.

У зарубежных компаний основное направление – это создание программного продукта, который бы и решал данные проблемы. Так, например, компания «VANAD» предлагает программный продукт SAPSroW.

Для данного проекта выбрано промежуточное решение – это создание дополнительного блока управления, который аккумулирует все необходимые сигналы со стойки ЧПУ, преобразует их и формирует управляющие воздействия для электроприводов.

Для устранения эффекта «ныряния» резака был разработан алгоритм работы, который представлен на рис. 1.

Далее рассматривается моделирование системы, а именно сервопривода, в состав которого входят: синхронный двигатель TGN2-0054-60-320, энкодер и датчик Холла. Моделирование осуществлено в пакете MathLab&Simulink. Модель синхронного двигателя с постоянными магнитами TGN2-0054-60-320 реализована на основании его характеристик и паспортных данных:

- Номинальный ток – 1,2 А;
- Номинальный момент – 0,48 Н*м;
- Момент инерции двигателя – 0,0000764 кг*$м^2$;
- Номинальная скорость вращения – 6000 $\frac{об}{мин}$.

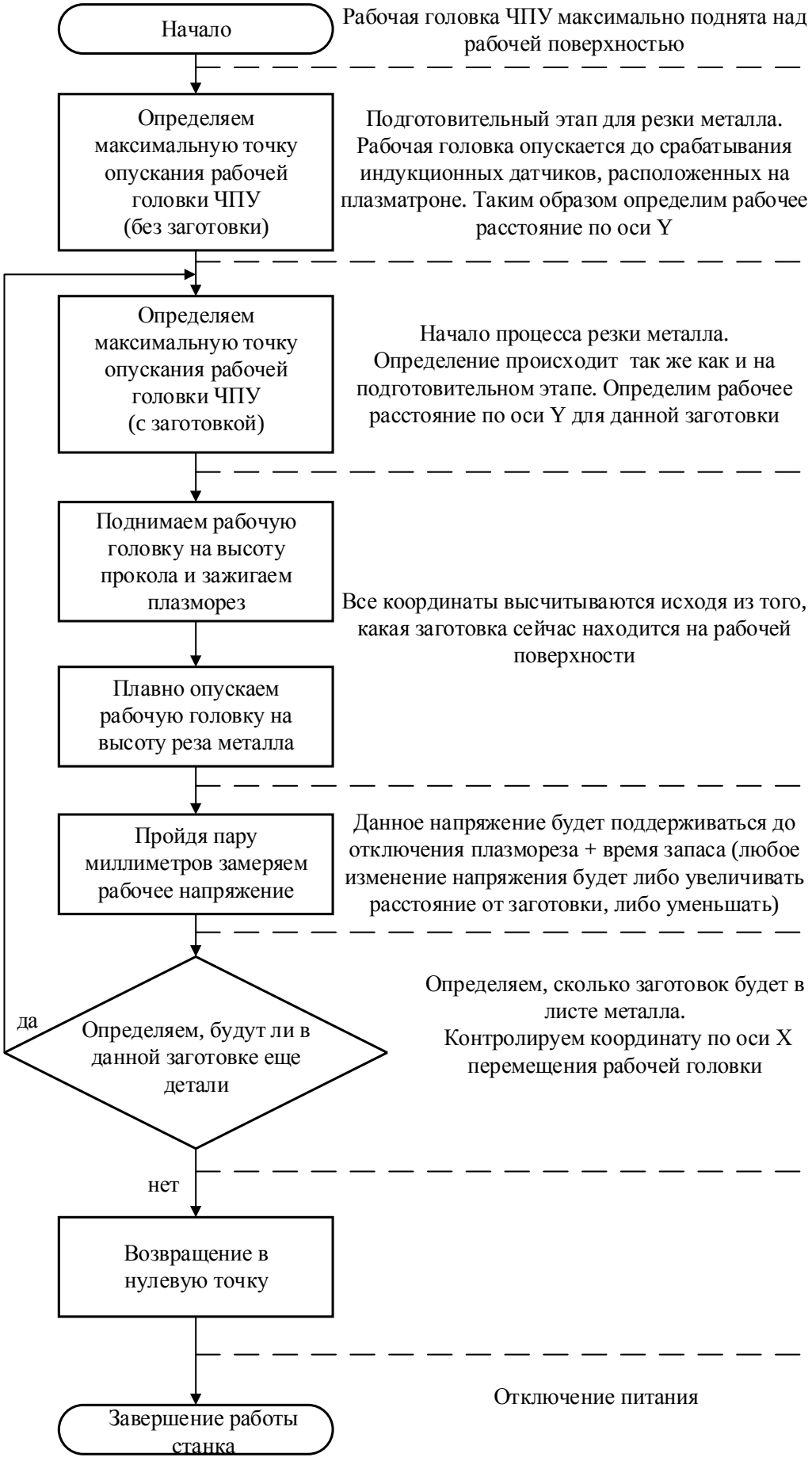


Рис. 1. Алгоритм работы электропривода резака

Для сравнения были построены две модели синхронного двигателя в неподвижной системе координат (αβ) и готовая модель двигателя, представленная в библиотеке MathLab&Simulink. Готовая модель реализована на базе модели синхронного двигателя с постоянными магнитами в подвижной системе координат (dq).

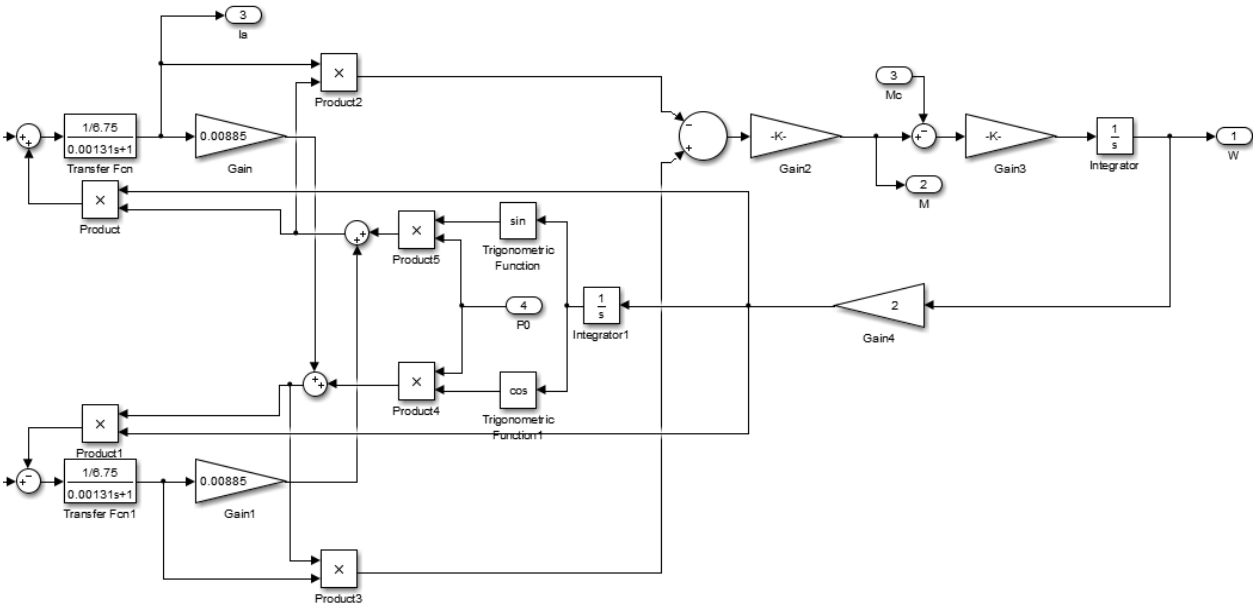


Рис. 2. Модель синхронного двигателя в неподвижной системе координат (αβ)

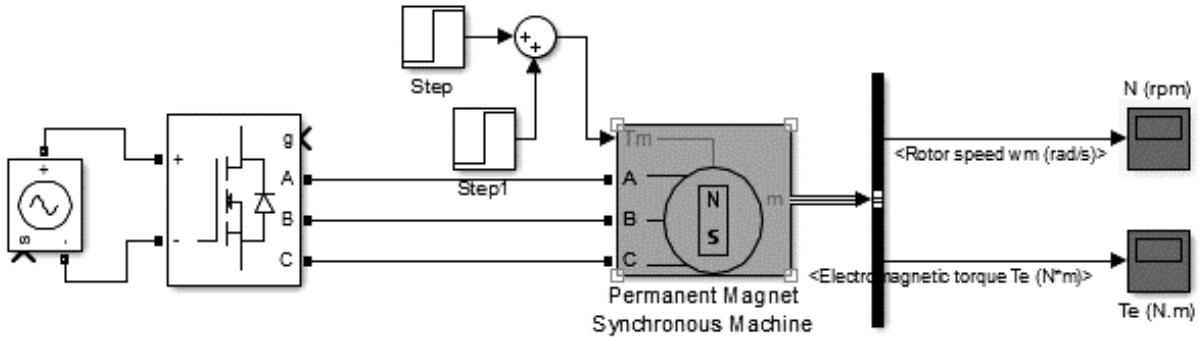


Рис. 3. Готовая модель двигателя, представленная в библиотеке MathLab&Simulink

После экспериментов, проведенных на моделях, и их сопоставительного анализа можно сделать вывод, что использование готовой модели никак не повлияет на настройку и моделирование системы управления. Все видимые помехи компенсируются при добавлении регуляторов тока, скорости и положения.

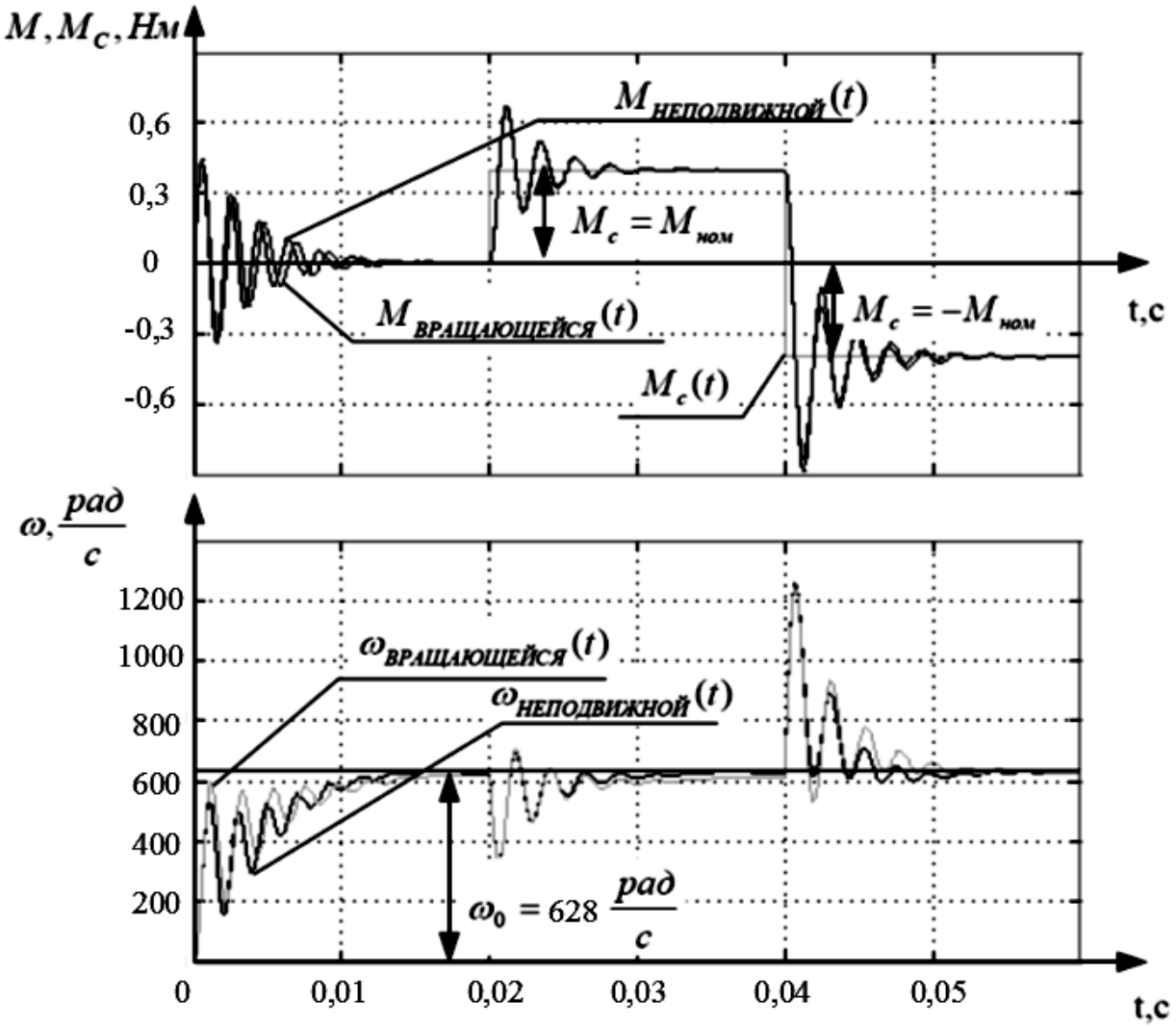


Рис. 4. Сравнение переходных процессов построенных моделей

1. Ишматов, З.Ш. Коэффициентные методы оценки робастности линейных непрерывных систем / З.Ш. Ишматов. // Вестник МГТУ, 2006. – №2(14). – С. 40-50.

2. Борцов, Ю.А. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением / Ю.А. Борцов. – Санкт-Петербург: Энегроатомиздат, 1984. – 216 с.

3. Пупков, К.А. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления / К.А. Пупков. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

4. Малышев, М.А. Методы проектирования робастных систем управления / М.А. Малышев, Н.Н. Евсевьев // Вестник науки и творчества, 2016. – № 11. – С. 139-144.

5. Малышев М.А. Моделирование переходных процессов системы управления электропривода конвейерной сушки / М.А. Малышев, Н.Н. Евсевьев // Science Time, 2016. – №11. – С. 313-319.

КОМПОНЕНТЫ И ВАРИАТИВНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

О.В. Мариничева
Научный руководитель ***А.Н. Андреев,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Концептуальная модель системы локального водоснабжения, рассмотренная в статье «О возможности унификации систем управления локальным водоснабжением населенных пунктов и предприятий» [1], обеспечивает инвариантность технических решений и дает возможность унификации базовой архитектуры на уровне однотипных датчиков, насосных агрегатов, устройств управления и автоматики.

Архитектура модели приведена на рисунке. Вертикальные уровни модели представлены в сокращенном варианте и могут детализироваться и расширяться на стадии формирования технического задания на разработку автоматизированной системы управления водоснабжением небольших населенных пунктов и отдельных предприятий.

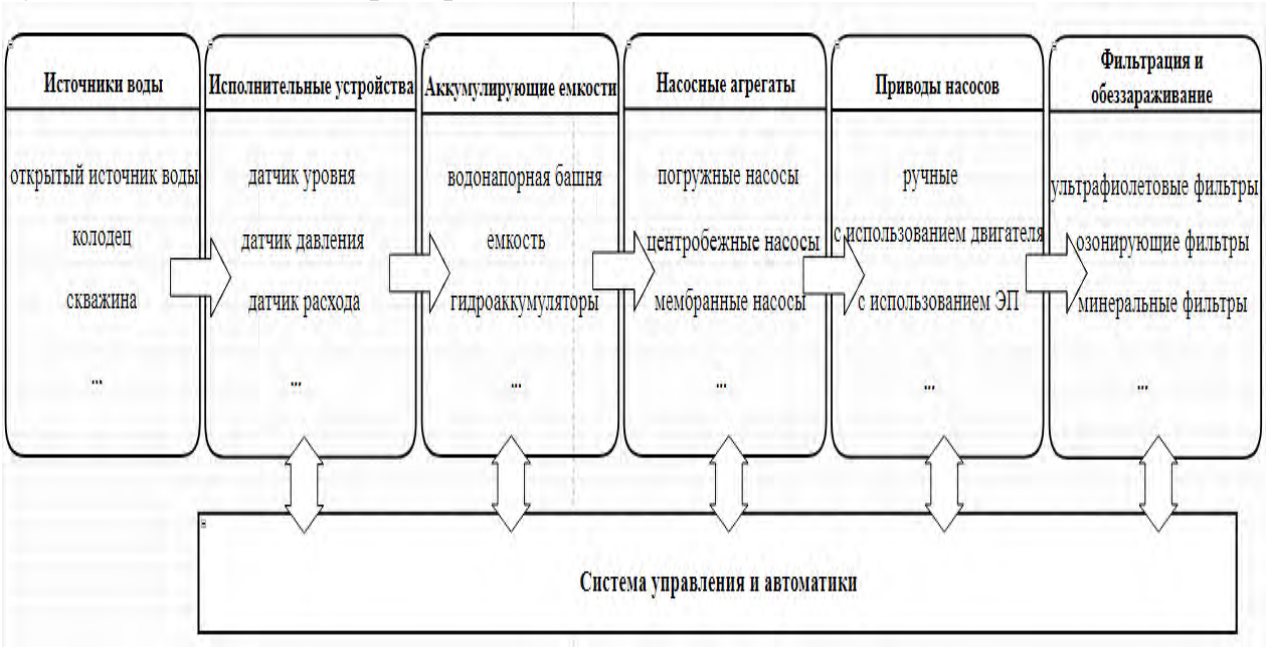


Рис. Базовая концептуальная модель водоснабжения

Вариативность технической реализации в полноформатных автоматизированных системах обеспечивается, как правило, на программно-алгоритмическом уровне. Информационная поддержка и очувствление реализуется на уровне первичных преобразователей физических величин (датчиков), входящих в том или ином количестве в компонентный состав системы.

Уровень аккумулирующих и исполнительных устройств также достаточно вариативен и масштабируем в рамках конкретной привязки.

В любом случае после выбора компонентного состава и средств автоматизации необходима программно-алгоритмическая поддержка разного уровня, реализуемая в требованиях к системе водоснабжения.

Реконфигурация базовой модели при вариативности способов обеспечения гарантированного водоснабжения рассматривается на примере населенного пункта при отсутствии открытого источника воды и наличии водоносных подземных горизонтов на глубинах до 75 м.

Далее рассматриваются различные алгоритмы управления, потенциально реализуемые для вариантов с погружным скважинным насосом в качестве основного исполнительного устройства в системе водоснабжения.

Алгоритмы релейного управления реализуются в двух вариантах.

Первый вариант рассматривается при наличии водонапорной башни и встречается достаточно часто в сельских населенных пунктах. Минимизированное очувствление при этом осуществляется датчиками верхнего и нижнего уровня в емкости башни. Алгоритм релейного закона поддержания уровня также минимизирован и включает последовательную циклическую цепочку измерительных и управляющих процедур в следующей последовательности:

- Инициализация системы;
- Опрос датчика верхнего уровня;
- Опрос датчика нижнего уровня;
- Включение насоса, если оба датчика осушены;
- Выключение насоса, если оба датчика обводнены;
- Возврат к опросу состояния датчиков.

Второй вариант предполагает наличие в системе водоснабжения гидроаккумулятора с двумя датчиками давления, настроенными на максимальную и минимальную величину давления в емкости. Такого рода системы широко применяются для индивидуального водоснабжения и представлены на рынке в максимальном объеме разными фирмами-производителями.

Алгоритм релейного закона поддержания давления в гидроаккумуляторе также минимизирован и включает последовательную циклическую цепочку измерительных и управляющих процедур в следующей последовательности:

- Инициализация системы;
- Опрос датчика максимального давления;
- Опрос датчика минимального давления;
- Включение насоса, если сработал датчик минимального давления;
- Выключение насоса, если сработал датчик максимального давления;
- Возврат к опросу состояния датчиков.

Как для первого, так и для второго вариантов невозможно точное поддержание оптимального заранее заданного уровня давления в системе водоснабжения вследствие релейных двухуровневых настроек для исполнительных устройств.

Точное поддержание заданного давления в таких системах возможно при использовании полностью регулируемых агрегатов подкачки на выходе напорной магистрали, что существенно увеличивает затраты на реализацию.

Современные регулируемые насосные агрегаты, включая погружные скважинные системы, реализованные на основе частотно-регулируемых асинхронных электроприводов, позволяют строить адаптивные системы водоснабжения без водонапорных башен и гидроаккумулирующих устройств. Алгоритм адаптивного управления распространяется на скважинные системы с ограниченным дебитом. Очувствление системы осуществляется двумя помещенными в скважину (обсадную трубу) датчиками уровня, срабатывание верхнего из которых является маркером перехода от закона регулирования с постоянством давления на регулирование с постоянством расхода. Второй датчик (нижний) обеспечивает безаварийную работу погружного насоса без его осушения. При уровне воды в скважине между двумя названными датчиками обеспечивается регулирование с постоянством расхода. Априорное знание дебита скважины и настройка системы на его величину потенциально обеспечивает расход на уровне дебита. Дополнительными информационными каналами для реализации адаптивного алгоритма являются каналы измерения давления и расхода на выходной магистрали.

Адаптивный алгоритм представляет собой следующую последовательность процедур:

- Инициализация системы;
- Опрос датчика уровня перехода;
- Опрос датчика аварийного уровня;
- Регулирование с постоянством давления, если датчики не осушены;
- Регулирование с постоянством расхода, если осушен датчик уровня перехода;
- Аварийное отключение, если осушены оба датчика;
- Возврат к опросу датчиков уровня.

В циклических процедурах регулирования с постоянством давления и постоянством расхода (не детализированы) задействованы соответствующие датчики и регуляторы, настраиваемые по классическими законами теории автоматического регулирования.

Таким образом, в предложенной концепции обеспечивается вариативность комплектации автоматизированной системы управления водоснабжением населенного пункта в зависимости от требуемых показателей качества регулирования с инвариантностью решения применительно к источнику водоснабжения, аккумулирующему оборудованию и алгоритмам управления.

1. Мариничева О.В., О возможности унификации систем управления локальным водоснабжением населенных пунктов и предприятий // Молодые исследователи – регионам: материалы Международной научной конференции (Вологда, 18-19 апреля 2017 г.): в 4 т. / М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т ; [отв. ред. А.А. Синицын]. – Вологда : ВоГУ, 2017. – Т. 1. – С. 173-174.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

А.А. Пасюков
Научный руководитель ***Р.И. Баженов,*** *канд. пед. наук, доцент*
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема
г. Биробиджан

На сегодняшний день вопрос, касающийся загрязнения окружающей среды, встает все более остро. С каждым годом растет производство на фабриках легкой и тяжелой промышленности, что напрямую влияет на состояние экологии. Для отслеживания уровня ущерба, причинённого окружающей среде, необходимо производить качественный мониторинг состояния воды, воздуха и других природных компонентов. Загрязнение окружающей среды сильно сказывается на здоровье человека.

По результатам анализа статистических данных оказалось, что ежегодно умирает около 5 миллионов человек из-за загрязнения воздуха и питьевой воды. В связи со снабжением населения ряда стран питьевой водой ненадлежащего качества, возникает большая вероятность появления инфекционной заболеваемости населения, ежегодно преодолевающая отметку в 500 миллионов случаев. Таким образом, планируется рассмотреть возможность создания системы мониторинга кислорода в домашних условиях.

Многие русские и зарубежные ученые занимались проблемой загрязнения воды и окружающей среды. Жарук А.В., Чукин В.В. [1] в своей статье описали работу системы мониторинга окружающей среды. В статье ученых Кирколуп Е.Р., Кудрявцевой А.А. [2] описаны варианты использования микроконтроллера Arduino. Lee S. et al [3] в статье описали возможность и средства разработки системы измерения температуры окружающей среды. Nikhade S. G. [4] описал возможность беспроводного подключения Arduino для измерения температуры и показателей окружающей среды. Цыбин В.В., Хрусталев В.И. [5] описали работу системы по мониторингу качества воды.

К примеру, исследование воды обычно проходит следующим образом: берется проба воды, затем, в зависимости от типа контроля, проводят анализ на содержание в воде бактерий и различных веществ. Затем эти данные обрабатываются, и, исходя из результатов, делается вывод о качестве исследуемой воды. Что касается воздуха, его мониторинг происходит в реальном времени без проб, достаточно лишь взаимодействия нужного датчика с окружающей средой. Обработка результатов возможна как вручную, так и в автоматическом режиме.

Для сбора и обработки информации предлагается использовать, как достаточно удобный и простой вариант, микроконтроллер Arduino. Arduino – электронная плата с открытым программным обеспечением, выполненная на основе резидентных программно-аппаратных вычислительных устройств и интегриро-

ванной среды разработки IDE. Отличительной особенностью выбранной платформы является то, что она имеет возможность установки дополнительных плат расширения, так называемых шилдов (shields), которые обеспечивают дополнительные функциональные возможности. В данный момент микроконтроллеры находятся на этапе развития и совершенствования, и с годами практически сотрут границы невозможного, благодаря постоянно совершенствуемым датчикам и модулям. Микроконтроллер Arduino изображен на рисунке.

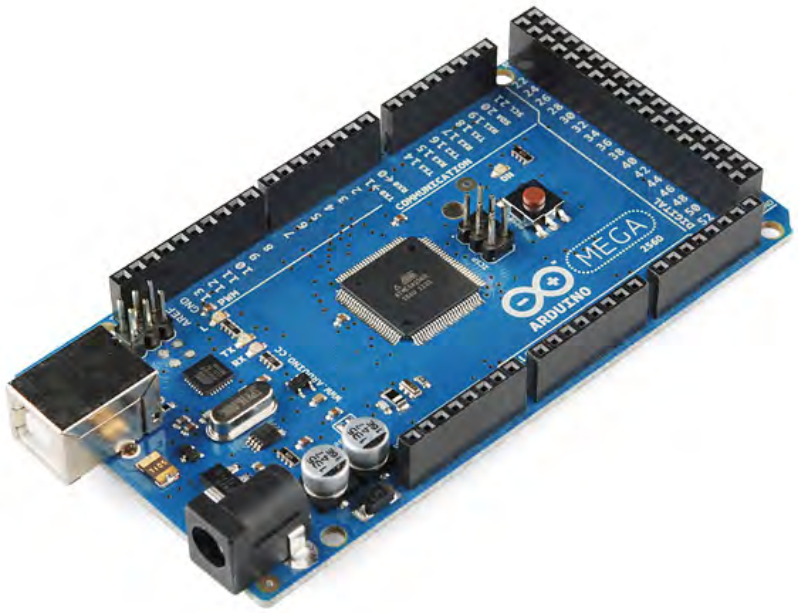


Рис. Микроконтроллер Arduino

Существующий спектр датчиков для анализа качества воды, воздуха, почвы, алгоритмы первичной обработки информации, полученной с датчиков, возможность автоматизации измерительно-аналитических процедур закладываются в программном обеспечении на уровнях пользовательских меню, чем обеспечивается неограниченный круг потенциальных потребителей. Концептуальный уровень разработки рассматривается на примере системы мониторинга окружающей среды на загрязнение различными газами.

Для измерения загрязнения воздуха используются следующие датчики:

Датчик газа MQ-2 для определения концентрации углеводородных газов (пропана, метана, н-бутана), дыма и водорода в окружающей среде. Диапазон измерений пропана: 200-5000 мд, бутана: 300-5000 мд, метана: 500-20000 мд, водорода: 300-5000 мд.

Датчик газа MQ-5 для определения концентрации сжиженного углеводородного газа, метана и коксового газа в окружающей среде. Диапазон измерений пропана: 200-10000 мд, изобутана: 200-10000 мд, природного газа: 200-10000 мд.

Датчик газа MQ-7 для обнаружения наличия и концентрации угарного газа (CO) в окружающей среде, диапазон измерений: 20–2000 мд. Кроме того, для измерения температуры и влажности используется ***цифровой датчик DHT22.***

Практически все датчики подключаются по трехконтактной схеме. Контакт 1 должен быть подключен к источнику питания 5В от Arduino, контакт 2 от датчика должен быть присоединен к цифровому контакту на Arduino – это линия связи между устройствами. Наконец, контакт 3 должен быть присоединен к земле Arduino (GND).

Хранение данных, полученных с датчиков, осуществляется на SD-карте, чем обеспечиваются большие объемы массивов и возможность независимого от Arduinooff-line анализа показателей воздуха. Для подключения SD-карты применен адаптер MicroSD. Благодаря питанию Arduino с помощью PowerBank, обеспечивается возможность забора проб и анализа воздуха в любой местности, даже в той, где нет доступных источников электроэнергии. В режиме on-line анализа показатели загрязненности выводятся на LCD-дисплей. Дополнительной опцией при этом является возможность просмотра содержимого карты памяти.

Предложенная автономная система для контроля качества воздуха на основе микроконтроллера Arduino, оснащенная внешним накопителем и автономным источником энергии, способна собирать информацию о внешней среде и записывать историю на SD-карту в длительном временном диапазоне, достигающем нескольких суток непрерывной работы. Дополнительным плюсом системы является то, что метрологические характеристики, обеспечиваемые применяемыми датчиками с малой инструментальной погрешностью, обеспечивают высокую достоверность результатов как текущего анализа, так и мониторинга в целом.

1. Жарук А. В., Чукин В. В. Концепция создания сети мониторинга загрязняющих веществ в атмосфере с помощью аэромобильных газово-аэрозольных анализаторов // Вестник научных конференций. – ООО Консалтинговая компания Юком, 2017. – № 5-4. – С. 50-51.
2. Кирколуп Е. Р., Кудрявцева А. А. Варианты использования платформы arduino при обучении проектированию систем «умного дома» // Педагогическое образование на Алтае, 2017. – №. 1. – С. 62-68.
3. Lee S. et al. A framework for environmental monitoring with Arduino-based sensors using Restful web service // Services Computing (SCC), 2014 IEEE International Conference on. – IEEE, 2014. – С. 275-282.
4. Nikhade S. G. Wireless sensor network system using Raspberry Pi and zigbee for environmental monitoring applications // Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2015 International Conference on. – IEEE, 2015. – С. 376-381.
5. Цыбин В. В., Хрусталев В. И. Использование микроконтроллеров Arduino для мониторинга качества воды // Новое слово в науке: перспективы развития, 2016. – № 4-1. – С. 252-254.

UNITY 3D. ПОСТПРОЦЕССИНГ И РАБОТА С ШЕЙДЕРАМИ

А.Е. Азаров
Научный руководитель ***Д.В. Лучанинов,*** *старший преподаватель*
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема
г. Биробиджан

Unity – это платформа для создания программного обеспечения, работающего под различными операционными системами, например Windows или Android. В основном на Unity создаются игры. Также в последние время, различные компании стали создавать мультипликационные фильмы на Unity. Как в играх, так и в мультфильмах, пользователь или зритель желает видеть и пользоваться качественным продуктом. Современные крупные компании, выпускающие игры, используют дорогостоящие и очень ресурсоёмкие технологии, чтобы повысить качество графики своих продуктов, и остальным разработчикам в малых компаниях приходится использовать менее дорогие и менее ресурсоёмкие средства. Стандартный набор инструментов Unity, особенно бесплатная версия, не позволяет разработчику создать по-настоящему красивую и приятную графику, это может отпугнуть как потенциальных игроков, так и потенциальных разработчиков игр.

Что такое красивая графика? Красивая графика включает в себя множество различных аспектов: текстуры высокого разрешения, реалистичный свет, правильно подобранные материалы вместе с шейдерами. Шейдер – это программа, предназначенная для исполнения процессорами видеокарты. Шейдеры пишутся на специализированных языках программирования, для Unity подходит больше всего язык CG, так как он компилируется и в OpenGL и в DirectX, что даёт возможность программисту написать 1 скрипт вместо двух.

Для создания красивого и качественного проработанного изображения разработчики могут прибегнуть к написанию своих шейдеров или же использовать шейдеры других людей. Скачать и установить шейдеры можно из Asset Store, специального магазина с различными дополнениями для Unity.

Unity имеет несколько стандартных источников освещения, каждый работает по-разному и каждый годится под определенные цели. Для обычной лампочки в комнате используют point light. С помощью ассета Lux – Physically Based Shader Framework появляется возможность намного проще и грамотнее работать со светом в сцене проекта. Свет можно сделать более реалистичным, а так же добавить красивые мягкие тени. Вдобавок данный ассет позволяет добавлять природные явления в сцену, он содержит естественное поведение света с этими явлениями. Например, появляется возможность сделать влаж-

ную поверхность, свет отражается бликами на таких поверхностях, особенно ярко это видно при использовании источника света типа point light, для этого тоже существует отдельный скрипт в данном ассете и специальные настройки этого скрипта. Ассет Lux включает в себя ещё множество различных возможностей, более десяти шейдеров материалов и несколько скриптов для обработки света. Заранее определенно несколько десятков разных материалов, плюс в комплекте содержатся текстуры высокого разрешения. Отдельной категорией являются шейдеры для отражающих поверхностей, которые тоже присутствуют в ассете Lux. Ассет Lux – Physically Based Shader Framework является бесплатным.

Hard Surface Shaders Free – это набор шейдеров, включающий в себя более десятка различных материалов, таких как: камни, металлы, стекло. С использованием данных шейдеров в Unity графика и общая визуальная картина заметно улучшаются, в отличие от использования стандартных шейдеров, что повышает привлекательность игры для игрока. Однако данный ассет поддерживается версиями Unity 4.x.x., когда актуальная версия 5.6.0f3.

Post Processing Stack. Постпроцессинг – это обработка изображения в реальном времени. Эта функция существует во многих современных играх, она сильно изменяет освещение, делает его более красивым и реалистичным, но, так как эта функция работает в реальном времени, обрабатываясь с помощью процессора видеокарты, это может стать очень ресурсоёмкой операцией для компьютера пользователя. Данный ассет добавляет множество различных инструментов в Unity, скрипты и шейдеры, которые работают не с материалами объектов, а с камерой, через которую выводится изображение. В ассет входят следующие функции для постпроцессинга: сглаживание, окклюзия, отражение экрана, туман, глубина резкости, размытие, сглаживание и много другое. Post Processing Stack позволяет все вышеперечисленные эффекты комбинировать, а не выбирать что-то отдельное из списка.

The Forest | OctaneRender for Unity Sample Asset – это ассет от компании разработчиков OctaneRender. Представляет из себя сцену леса с уже настроенными постпроцессинговыми скриптами и готовой сценой, демонстрирующей все возможности, которые ассет в себе содержит. На рисунке сцена из данного ассета: сверху – сцена без использования постпроцессинговых скриптов, снизу – сцена после использования данных скриптов. Изменяется всё освещение, становится более мягким, добавляется размытие в дальних частях сцены, происходит цветокоррекция.

Постпроцессинг создаёт очень хорошую и качественную графику в играх, на которую игроку хочется смотреть, но это может сильно нагружать систему, поэтому иногда разработчики игр вместо использования постпроцессинга используют только грамотную работу с шейдерами, что также даёт хороший эффект, но нагружает систему намного меньше. Вдобавок не стоит забывать про текстуры: чем выше разрешение текстур и качественнее они проработаны,

тем меньше придётся работать с освещением, шейдерами и материалами, так как для создания красивой и приятной графики не всегда необходимо использовать постпроцессинг, шейдеры или хорошие освещение.

Рис. Демо сцена The Forest | OctaneRender

Если необдуманно использовать все вышеперечисленные способы и ассеты, можно создать качественную и красивую картинку для пользователя, но при этом может сильно пострадать производительность, поэтому в работе необходимо учитывать соотношения качества графики и затрачиваемой производительности.

1. Шейдеры для стилизации картинки под ЭЛТ/LCD // [Электронный ресурс] Habrahabr URL: https://habrahabr.ru/post/211140/ (дата обращения: 20.10.2017).

2. Displacement shader // [Электронный ресурс] Habrahabr URL: https://habrahabr.ru/post/282604/ (дата обращения: 20.10.2017).

3. Режимы смешивания в Unity // [Электронный ресурс] Habrahabr URL: https://habrahabr.ru/post/256439/ (дата обращения: 20.10.2017).

4. Unity3d. Многослойное двухмерное звездное небо с помощью шейдера // [Электронный ресурс] Habrahabr URL: https://habrahabr.ru/post/164713/ (дата обращения: 20.10.2017).

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ СТРУКТУРНОМ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ

И.С. Васендина
Научный руководитель ***А.Т. Гурьев,*** *д-р техн. наук, профессор*
Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

В последнее время возросла доля информации, представленной в форме изображений, используемой для принятия решений в разных предметных областях. Это определило потребность в разработке методов и алгоритмов понимания изображений и преобразования информации к «неизобразительному» виду. Особенно остро данный вопрос встает при исследовании территорий для решения различных задач, таких как экологический контроль, экономическая оценка запасов природных ресурсов, поддержание информации о территории в актуальном состоянии для нужд административного управления, мониторинг состояния территории для устранения последствий чрезвычайных ситуаций и других, требующих использовать достоверную и актуальную информацию. Ввиду сложности полевого обследования больших площадей, а зачастую и их труднодоступности, что актуально для северных территорий, широкое распространение получила аэрокосмическая съёмка местности.

Применяемые методы дешифрирования сильно зависят от характеристик изображений и способа их получения. В последнее время для исследования отдельных объектов территории требуются снимки большой детализации, которые стало возможным получать с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), получивших широкое распространение и развитие с технической точки зрения при небольшой стоимости съемки.

Ввиду большей детальности изображений, получаемых с БПЛА, по сравнению с космическими снимками, существующие методы попиксельной обработки изображений сложно применимы для дешифрирования объектов. При дешифрировании объектов на высокодетальном изображении представляет интерес использование структурных методов распознавания, учитывающих

форму образа, взаимное расположение объектов на изображении, позволяющие представлять распознаваемые образы в виде набора структурных описаний. Таким образом, результатом применения структурных методов в процессе получения информации из изображения является «неизобразительное» представление объекта, которое можно быстрее и более однозначно обрабатывать для принятия решений.

Анализ существующих структурных методов [1-3] выявил, что рассматривается только форма объекта, а в качестве характеристик описываются свойства представления объектов, определяющие также параметры формы (кривизна, параллельность, окончание, элементарный графический элемент и др.). Причем процесс распознавания представляется лишь набором действий без определения целостности. Также предлагается использовать дополнительные структурированные знания о предметной области и, как результат, получать при дешифрировании структурные описания объектов в терминах предметной области.

Изучение отечественных и зарубежных публикаций приводит к выводу о том, что, несмотря на разработки в области исследования методов распознавания объектов изображений, актуальным остается разработка структурного метода распознавания объектов изображений территорий, основанного на системном подходе с привлечением знаний о предметной области, что и является целью исследования.

Растровое изображение является отображением совокупности реальных объектов. Образом называется выделенный информативный набор пикселей, являющийся изображением конкретного объекта. Представление объекта определяется описанием образа. В процессе распознавания изменяется способ описания образа, что определяется как уровень представления объекта.

В исследовании выделено пять уровней представления объектов: пиксельный уровень, уровень контуров на изображении, уровень классифицированных образов, уровень формально описанных образов со свойствами, уровень взаимосвязанных формально описанных объектов.

На пиксельном уровне (Pixel level (PL)) совокупность объектов представлена невыделенным пространством пикселей или растровым изображением, поданным для распознавания.

Для перехода к уровню контуров на изображении (Level of contours (CL)) производится сегментация. Представление объекта на этом уровне выражено его контуром, ограничивающим область пикселей, соответствующих отображению этого объекта на растровом изображении.

Уровень классифицированных образов (Level of classified images (CIL)) представляется выделенными на предыдущем уровне областями, отнесенными к определенному классу в терминах предметной области.

Так как объекты предметной области сложны и имеют большое количество разнообразных характеристик, на следующем уровне представление объ-

екта имеет формализованный вид с определением значений свойств объектов (Formally described objects (FOL)).

Все выделенные и описанные объекты находятся во взаимодействии. Поэтому следующий уровень представления определяет взаимосвязанные формально описанные объекты (Related formal objects described level (RFOL)). Последний уровень представления объектов как результат процесса распознавания и описания объектов изображения позволяет исследовать взаимодействие объектов, получать новые знания о состоянии объектов территории, осуществлять прогнозирование состояния.

При переходах от одного уровня представления объектов к другому в процессе распознавания изменяется определение структуры распознаваемых объектов путем детализации и формализации их описания от полностью не формализованного и не связанного вида (растровое изображение) до взаимосвязанных формально описанных объектов («неизобразительный» формализованный вид) в несколько этапов.

Для распознавания и описания объектов предметной области, а именно объектов северных экосистем, необходимо обладать сведениями об этих объектах, их характеристиках, взаимодействии и влиянии друг на друга. Другими словами, необходимо владеть знаниями о предметной области.

Также для достижения целостного восприятия можно рассматривать весь процесс распознавания объектов на изображении как систему, которая состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, поведение которой определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели. Целью создания такой системы является непосредственно распознавание объектов на изображении и их формальное описание. В качестве элементов такой системы выступают объекты территории, распознаваемые на изображении, обладающие некоторыми связями. Множеством состояний, в которых могут пребывать элементы системы, являются уровни представления описания объектов на изображении территории. Выделяемая система взаимодействует с внешней средой посредством получения входной информации по нескольким каналам, среди которых присутствует и информационный (первый) канал, несущий информацию для изначального научения системы, её «настройки», на основе достоверных полевых данных о территории. Система возвращает во внешнюю среду структурированное формальное описание распознанных взаимосвязанных объектов. Законами функционирования, обеспечивающими достижения цели существования системы, являются правила распознавания, способы и алгоритмы перехода от одного уровня представления объектов к другому, которые условно можно выделить в блоки:

- блок сегментации;
- блок классификации;
- блок распознавания свойств;

– блок выделения отношений.

Разработанный структурный метод распознавания представлен на языке систем (на рисунке), позволяет получать структурированное описание распознаваемых объектов в терминах предметной области. Рассмотрение процесса распознавания с позиций системного подхода позволяет комплексно проследить изменение информации в процессе распознавания, а за счет применения знаний о предметной области и описания свойств распознаваемых объектов территории увеличить объем получаемой информации.

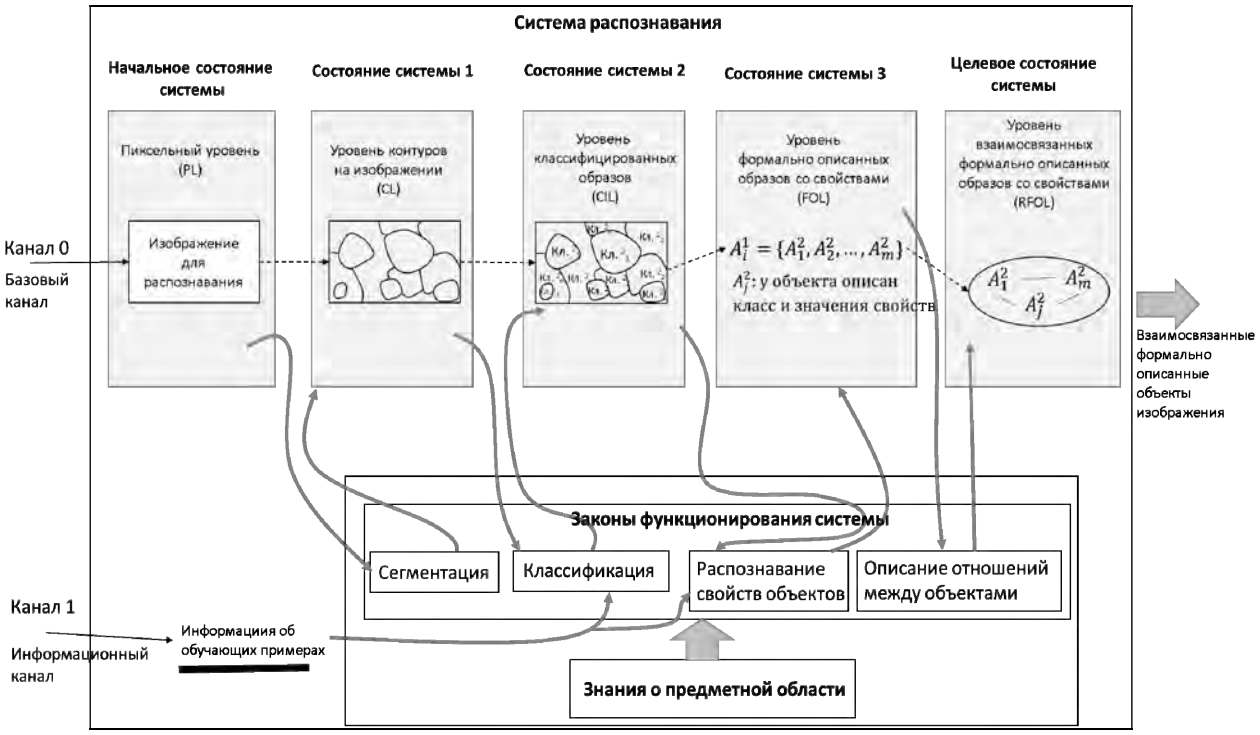


Рис. Структурный метод распознавания объектов изображений территорий на основе системного подхода

1. Фу К. Структурные методы в распознавании образов // К. Фу, под ред. М.А. Айзермана, пер. с англ. М: «Мир», 1977.

2. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт, под ред. В.Л. Стефанюка. Москва: Мир, 1976. – 551 с.

3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Р.М. Галиев
Научный руководитель ***А.М. Полянский,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Непрерывное совершенствование технологических и информационных направлений и отраслей, а так же их методологий опережает создание документов и стандартов к требованиям профессий и компетенциям будущих специалистов. Это влечет за собой разрыв связи между необходимым набором требований, которые необходимы работодателям и компетенциями, которые студенты получают в процессе обучения. В результате у работодателей возникают проблемы с нехваткой квалифицированных кадров с необходимым набором и уровнем компетенций. Так же по этой причине в сфере образования происходят частые корректировки образовательных стандартов, учебных планов и программ, которые обеспечивают необходимую траекторию развития будущего специалиста на всех этапах его обучения. Разработка информационной системы для решения существующих проблем позволит упростить и ускорить сопряжение сферы труда и сферы образования и решить проблемы противоречивости документов этих сфер.

Если говорить о функционале системы, то необходимо рассмотреть некоторую последовательность действий при составлении Основной профессиональной образовательной программы (далее ОПОП). Для сопоставления профессиональных задач и профессиональных компетенций из федеральных государственных образовательных стандартов (далее ФГОС) и трудовых функций из профессиональных стандартов (далее ПС) необходимо провести анализ трудовых функций и выявить задачи профессиональной деятельности, которые будет решать выпускник в будущем. Данные действия представлены в виде таблиц (1 и 2).

Таблица 1

Профессиональные задачи ФГОС и трудовые функции ПС

Требования ФГОС	Требования ПС
Профессиональные задачи	Обобщенные трудовые функции (ОТФ), трудовые функции (ТФ)

Таблица 2

Сопоставление профессиональных компетенций ФГОС и трудовых функций ПС

Требования ФГОС	Требования ПС
Профессиональные компетенции по каждому ВД	Трудовые функции по каждой ОТФ и квалификационные требования к ним

Для удобной работы с файлами ПС и ФГОС необходим механизм, который бы повышал эффективность и снижал издержки процесса подготовки и «сопряжения» образовательных программ и учебных планов с нормативными документами, регулирующими требования к квалификациям в сфере труда и в сфере образования. Для автоматизации данного процесса необходимо провести синтаксический анализ (парсинг) документов ФГОС и ПС для получения конкретных участков текста, необходимых понятий и определений. Для реализации данного механизма будет использован язык программирования PHP и библиотека PHPWord. Синтаксический анализ – процесс сопоставления линейной последовательности лексем естественного или формального языка с его формальной грамматикой. Результатом является дерево разбора (синтаксическое дерево). Обычно применяется совместно с лексическим анализом.

Необходимо создание хранилища данных, полученных из документов ФГОС и ПС. Для реализации данного механизма будет использована мощная и надежная система управления данными Microsoft SQL Server. Разработка базы данных начинается с построения концептуальной модели базы данных. Для преобразования концептуальной модели в логическую модель, произведена нормализация полученных отношений. На рис. 1 представлено взаимодействие компонентов разработанной базы данных между собой.

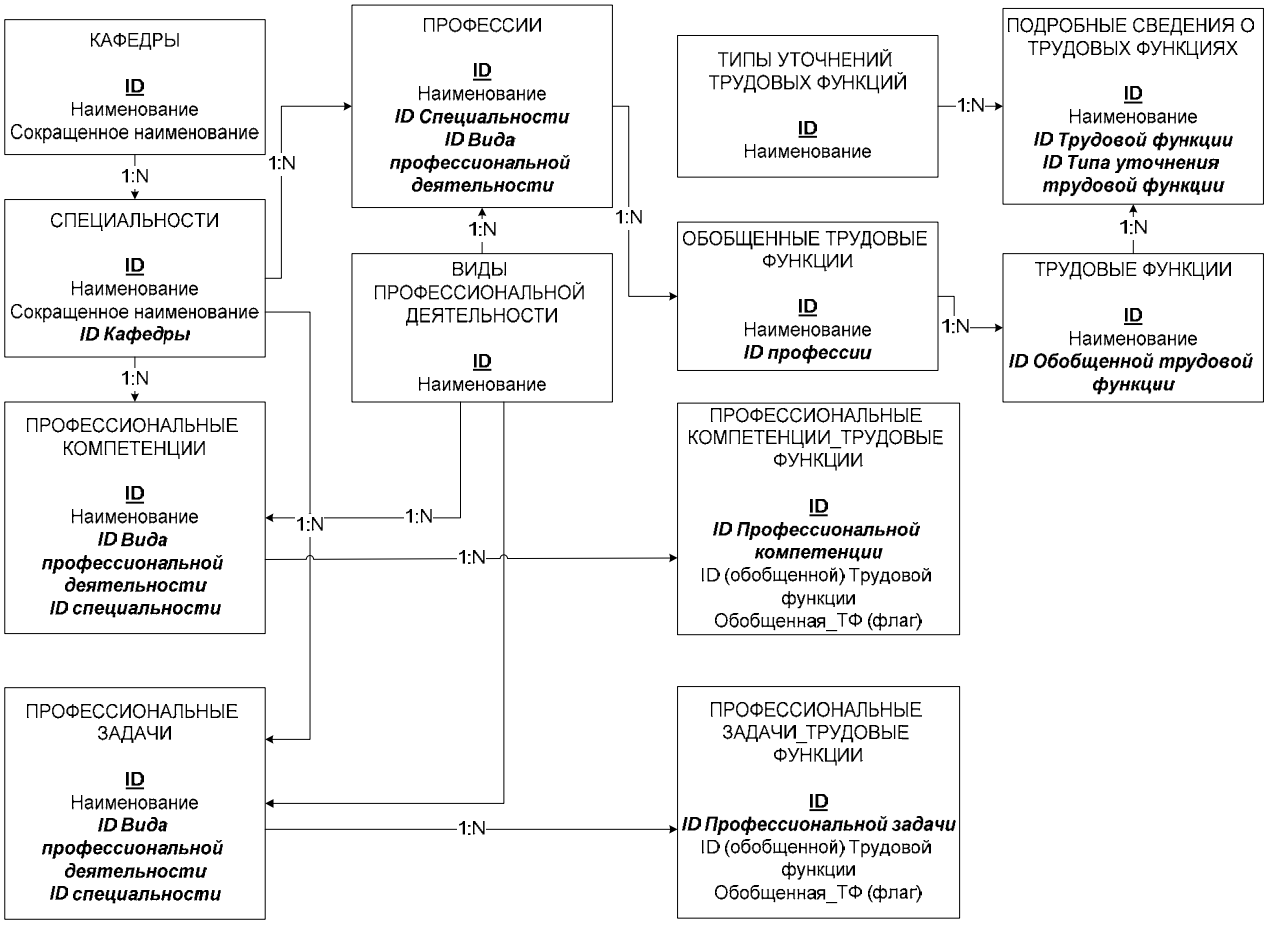


Рис. 1. Взаимодействие компонентов БД

Для описания физической структуры на рис. 2 приведена одна из таблиц реализованной базы данных.

Имя поля	Тип данных	Не Null	Уникальный	Столбец идентификаторов	Значение по умолчанию
id	int	☑	☑	☑	
name	nvarchar(100)	☑	☐	☐	
short_name	nvarchar(10)	☐	☐	☐	NULL

Рис. 2. Физическая структура таблицы Departments (Кафедры)

Пользователь системы должен иметь возможность формировать информацию для ОПОП и РПД, полученную из файлов ПС и ФГОС. Для реализации этого процесса был разработан удобный интерфейс. Разработка интерфейса призвана сбалансировать между собой доступ пользователя к широким функциональным возможностям, с одной стороны, и простоту работы с системой, с другой. На рис. 3 приведен интерфейс системы.

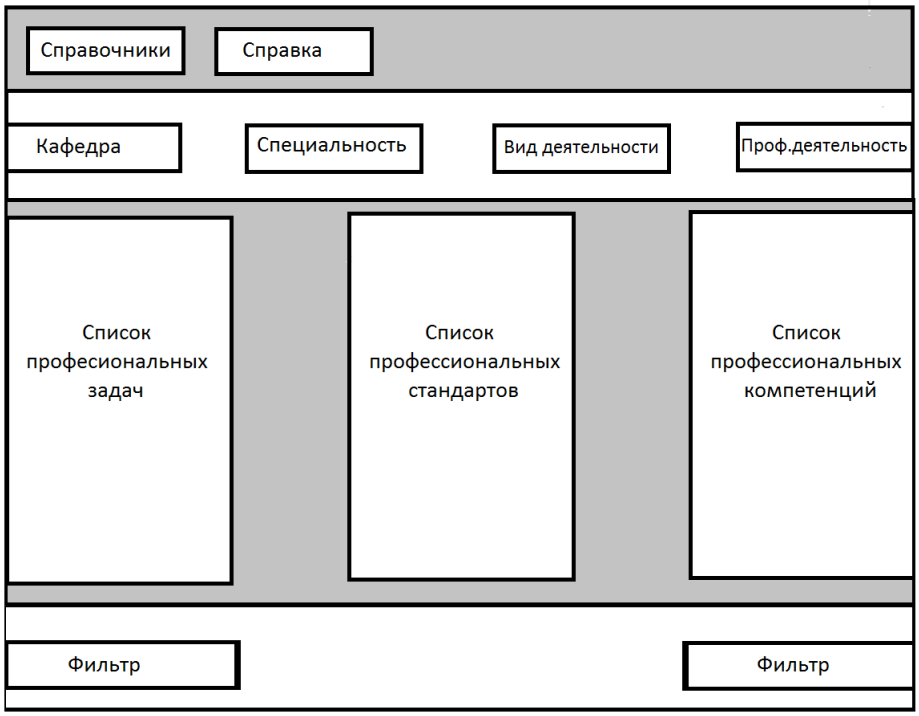


Рис. 3. Интерфейс системы

Так же для структурирования информации необходима разработка механизма поддержки принятия решений. Данный механизм будет реализован на основе словаря синонимов, составленного человеком (экспертом в данной области). Словари синонимов описывают слова, разные по звучанию и написанию, но тождественные или близкие по значению. В разрабатываемом словаре синонимов будут формироваться основные связи между близкими понятиями, стандартами и определениями ФГОС и ПС. Необходимо учитывать, что каждое понятие из ФГОС и ПС может иметь несколько синонимов. Благодаря словарю, система будет учитывать множественные сопоставления и помогать

пользователю с выбором необходимых определений для последующего создания взаимосвязи между документами ФГОС и ПС.

1. Профессиональные стандарты в области ИТ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php

2. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. Методические разработки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://fgosvo.ru/support/43/5/8

3. Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосисбирск: Издательство ЦРНС, 2016. – 166 с.

АНАЛИЗ ТИПОВ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

П.В. Дмитриев
Научный руководитель ***А.А. Суконщиков,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Искусственные нейронные сети (ИНС) являются уникальным инструментом для создания эффективного программного обеспечения, способного решать нестандартные задачи. Они широко используются для распознавания объектов и прогнозирования, а также для анализа и оценки большого количества информации.

ИНС представляет собой систему взаимодействующих между собой простых процессов, называющихся нейронами, вместе образующих сеть. Получая на вход обучающую выборку, она прогоняет её через себя, выявляя сложные зависимости между входными и выходными данными.

Существует множество различных типов ИНС. Каждая из них имеет свои сильные и слабые стороны. Рассмотрим наиболее известные из них.

Самой известной и старой архитектурой является многослойный персептрон. Такие сети состоят из входного слоя, образованного сенсорными элементами, одного или нескольких скрытых слоёв вычислительных нейронов и одного выходного слоя. Персептрон обладает высокой вычислительной мощностью, но для корректной работы требует большой обучающей выборки и не способен работать с динамическими процессами.

Для работы с ними используется рекуррентный персептрон. От обычного персептрона он отличается тем, что его выходы попадают ему на входы и участвуют в обработке последующих входных данных, позволяя подстраивать сеть под изменяющуюся внешнюю среду.

Для определения схожести объектов отлично подходят ассоциативные сети. Обычно они построены из одного слоя нейронов. Этот слой является входом в начальный момент времени, и выходом – в конечный. Эта сеть меняет свои состояния, пока они не остановятся. Такая сеть помнит некоторое количество векторов. Это позволяет определять, на какой из них больше всего похож входящий вектор. От этого и пошло название типа сети. Сеть с ассоциативной памятью обладает очень быстрой обучаемостью, но имеет узкий класс решаемых задач.

Существуют также сети, основанные на радиально-базисных функциях. Они имеют входной слой и скрытый слой, выполняющий нелинейное преобразование множества входных сигналов во множество скрытых сигналов. Чем выше размерность скрытого слоя по сравнению с входным, тем выше будет точность. Такие сети создаются в соответствии с определёнными принципиальными установками, в отличие от многослойных персептронов, обучаемых алгоритмом обратного распространения ошибки.

Они имеют множество применений, таких как прогнозирование временных рядов, классификации и системы управления, но их отличает меньшая точность предсказания и большее число требуемых входных параметров по сравнению с многослойными персептронами.

Выбирать тип сети следует исходя из постановки задачи и имеющихся данных для обучения. Для обучения с учителем требуется наличие для каждого элемента выборки «экспертной» оценки. Иногда получение такой оценки для большого массива данных просто невозможно. В этих случаях естественным выбором является сеть, обучающаяся без учителя (например, самоорганизующаяся карта Кохонена или нейронная сеть Хопфилда). При решении других задач (таких как прогнозирование временных рядов) экспертная оценка уже содержится в исходных данных и может быть выделена при их обработке. В этом случае можно использовать многослойный персептрон.

Существует много программных пакетов, реализующих нейронные сети. Вот некоторые, наиболее известные программы-симуляторы нейронных сетей, представленные для бесплатного пользования:

1. Cortex – приложение, реализующее нейронные сети обратного распространения.

2. Amygdala – программное обеспечение с открытым исходным кодом для моделирования нейронных сетей, написанное на C++.

3. Joone – (Java Object Oriented Neural Engine) – свободно распространяемый нейросетевой фреймворк на Java. Может быть расширен новыми модулями.

4. NetMaker . Моделирует MLP, RMLP и каскадно-корреляционные сети с динамической подстройкой архитектуры. Включает различные учебные данные, ошибки и активационные функции.

5. Annie – нейросетевая библиотека для C + + (Windows и Linux) с открытым исходным кодом. Поддерживает MLP, RBF и сети Хопфилда. Наличие интерфейсов для Matlab’s Neural Network Toolbox.

Создадим нейронную сеть в программе NetMaker. Цель сети – разделить 2 класса сигналов, имеющих координаты x и y лучшим возможным способом.

Создадим два набора данных: для обучения сети и тестирования её работоспособности. В качестве архитектуры возьмём многослойный персептрон. На рис. 1 показана структура получившейся системы.

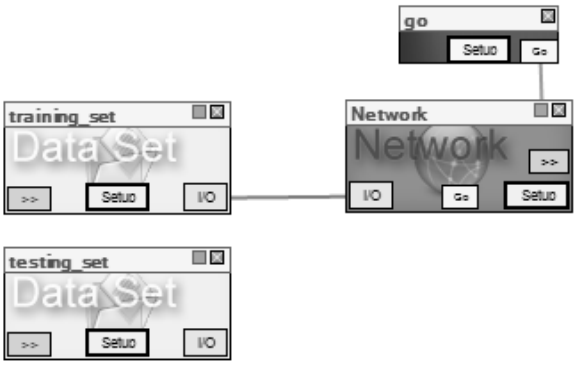


Рис. 1. Структура системы

Для обучения сети служит набор, изображённый на рис. 2. После его обработки мы получаем график, на котором отчётливо видно, что два класса разделены.

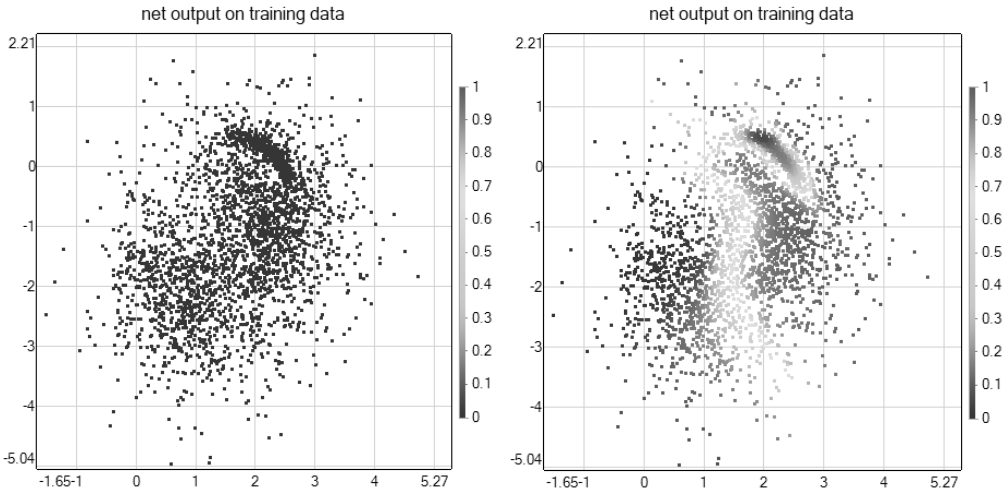


Рис. 2. Обучающая выборка

Для проверки работоспособности полученной сети дадим ей на обработку больший набор данных. Результат работы изображён на рисунке 3.

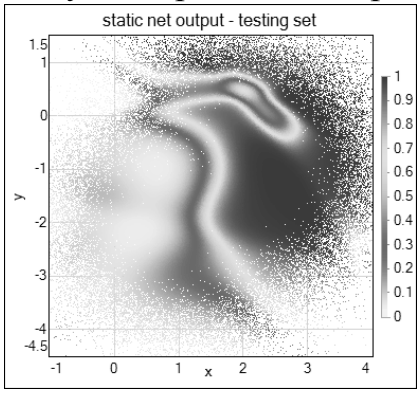


Рис. 3. Результат работы

Из данного опыта видно, что сеть обучилась и выполнила свое назначение, разделив две группы сигналов. Подобные программные продукты можно использовать в практических целях в собственных проектах для получения наилучшего результата.

1. Нейросетевое программное обеспечение. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bookflow.ru/nejrosetevoe-programmnoe-obespechenie

2. Краткий обзор популярных нейронных сетей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://geektimes.ru/post/83781

3. Документация симулятора нейронных сетей NetMaker. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ire.pw.edu.pl/~rsulej/NetMaker/index.php?pg=m04#go_training

4. Суконщиков А.А. Разработка аппаратно-программной платформы многоагентной интеллектуальной системы управления // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования Материалы XII Международной научно-технической конференции, 2017. – С. 221-224.

МЕТОД «ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИЛУЧШЕГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

И.В. Ковалева
Научный руководитель ***Р.И. Баженов,*** *канд. пед. наук, доцент*
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема
г. Биробиджан

Метод «Дерево решений» отлично подходит для определения наиболее подходящего решения. Он дает возможность получить развернутую модель вероятного развития ситуации или процесса для его изучения с позиций финансовых выгод и рисков, связанных с каждым направлением действий. Данное прогнозирование позволяет уберечь себя или свою организацию от неэффективных затрат или вложений в условиях ограниченных ресурсов. Особенностью данного метода принятия решения является принятие решений как на основе вычислений, так и с помощью логических рассуждений, когда, анализируя факты, приходим к определенному выводу [1, 2].

Дерево решений состоит из трёх типов узлов:

- Узлы решения (обычно представлены квадратами);
- Вероятностные узлы (представляются в виде круга);
- Замыкающие узлы (представляются в виде треугольника).

Деревья решений, используемые в Data Mining, бывают двух основных типов:

- Дерево для классификации, когда предсказываемый результат является классом, к которому принадлежат данные;

- Дерево для регрессии, когда предсказываемый результат можно рассматривать как вещественное число (например, цена на дом, или продолжительность пребывания пациента в больнице).

Построение дерева решений обычно используется для проектов, имеющих большое количество вариантов развития. В противном случае дерево решений принимает очень большой объем, что затрудняется не только вычисление оптимального решения, но и определение данных [3, 4].

Метод полезен в ситуациях, когда более поздние решения сильно зависят от решений, принятых ранее, но, в свою очередь, определяют дальнейшее развитие событий.

С помощью данного метода возможно определить наилучший инвестиционный проект, в который следует вкладывать деньги, и прибыль от данного вложения будет максимальной [5].

Инвестиционный проект – это реклама и описание идеи проекта, коммерческое предложение инвесторам и оценка его эффективности, руководство к реализации проекта и бизнес-план функционирования инвестиционного объекта, это комплекс мероприятий участников проекта по достижению поставленной в проекте цели.

Основная цель инвестиционного проекта, для любого инвестора, заключается в максимизации прибыли от вложений в инвестируемый объект. Даже инвестируя в социальные объекты, инвестор предполагает увеличение прибыли в будущем на производственных объектах, из-за улучшения социальных условий людей, работающих там [6].

Необходимо выбрать лучший из трех возможных инвестиционных проектов: ИПроект1, ИПроект2, ИПроект3. Для осуществления данных проектов требуются вложения средств в размере 300, 500 и 800 миллионов рублей, которые могут дать прибыль в размере 200, 400 и 600 миллионов рублей. Риск потери средств по этим проектам характеризуется вероятностями на уровне 10, 5 и 20% соответственно. Необходимо выяснить, какой проект лучше.

С помощью дерева решений найти ответ на данный вопрос очень просто. Дерево решений создается на основе данных о проектах с помощью программного обеспечения POM-QM for Windows.

POM-QM является программным обеспечением для производственного, операционного менеджмента, количественных методов, менеджмента и исследования операций.

На рисунке представлено дерево решений в QM for Windows, на котором показаны суммы вложения и прибыли каждого проекта, а также вероятности риска потери средств.

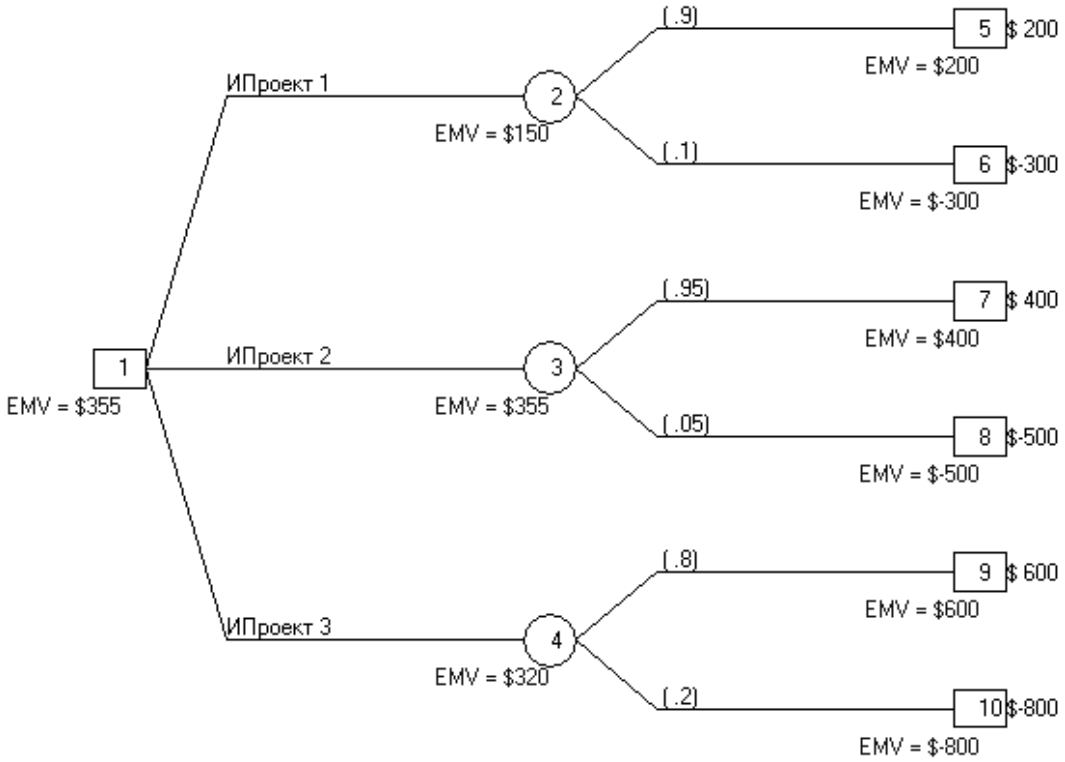


Рис. Дерево решений

После составления "дерева" нужно нажать на кнопку поиска решения. Программа автоматически покажет лучшее решение для данной проблемы. Можно провести обратный анализ и увидеть в кружках математические ожидания выплат, которые посчитались программной автоматически. Расчет выглядит так:

$M(x_1) = 200 * 0.9 - 300 * 0,1 = 150$;

$M(x_2) = 400 * 0.95 - 500 * 0,05 = 355$;

$M(x_3) = 600 * 0.8 - 800 * 0,2 = 320$.

Эти математические ожидания изображают узлы возникновения неопределенностей.

В данном случае можно сделать вывод, что оптимальным является решение вложить средства в ИПроект2.

1. Пронина, О.Ю. Исследование методов интеллектуального анализа в QM for Windows / О.Ю. Пронина // Интеллектуальные информационные технологии, энергетика и экономика: сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 3-х томах, 2017. − С. 41-44.

2. Малышев, В.А., Баженов, Р.И. Применение модуля деревьев решений программы QM for Windows в задаче о выдаче ссуды / В.А. Малышев, Р.И. Баженов // Постулат, 2017. − № 6 (20). − С. 43.

3. Трифонова, О.Н. Анализ методов поиска идей для решения проблем в бизнесе методом построения дерева проблем и дерева решений / О.Н. Трифонова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире, 2015. − № 9-2. − С. 131-135.

4. Долженко, А.М., Рыбалко, К.К., Оболенская, А.А. Системы поддержки и принятия решений на основе вероятностных деревьев решений / А.М. Долженко, К.К. Рыбалко, А.А. Оболенская // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике, 2017. − Т. 3. − № 1-1 (3). − С. 53-57.

5. Степович-Цветкова, Г.С. Метод деревьев решений для задач анализа данных / Г.С. Степович-Цветкова // Актуальные вопросы научных исследований: сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский центр «Диалог», 2016. − С. 48-50.

6. Глухова А.В. Метод дерева решений в управлении рисками проекта / А.В. Глухова // Молодой ученый: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам XVI международной научно-практической конференции, 2016. − С. 125-130.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ НА МИКРОФРЕЙМВОРКЕ FLASK

В.А. Михеев, К.П. Корягин
Научный руководитель ***А.А. Суконщиков,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

На сегодняшний день робототехника начала активно внедряться во все сферы деятельности человека. Данную тенденцию можно объяснить стремительным скачком в развитии компьютерной и микропроцессорной техники, а также развитием рыночной модели экономических отношений в мире. Таким образом, можно смело утверждать, что роботы входят в нашу повседневную жизнь как в качестве бытовой техники, так и в качестве сложных производственных комплексов.

Для дальнейшего развития данной науки необходимо упрощение процессов создания и управления робототехническими комплексами. Именно поэтому разрабатываемый проект создан на базе довольно популярного микрокомпьютера Raspberry Pi 3, с использованием различных датчиков и моторов, подключаемых через GPIO.

При создании удобной системы управления был сделан выбор в пользу веб-технологий. Система управления, реализованная через веб-сайт, позволяет

управлять робототехническим комплексом с любого устройства, подключенного к сети интернет.

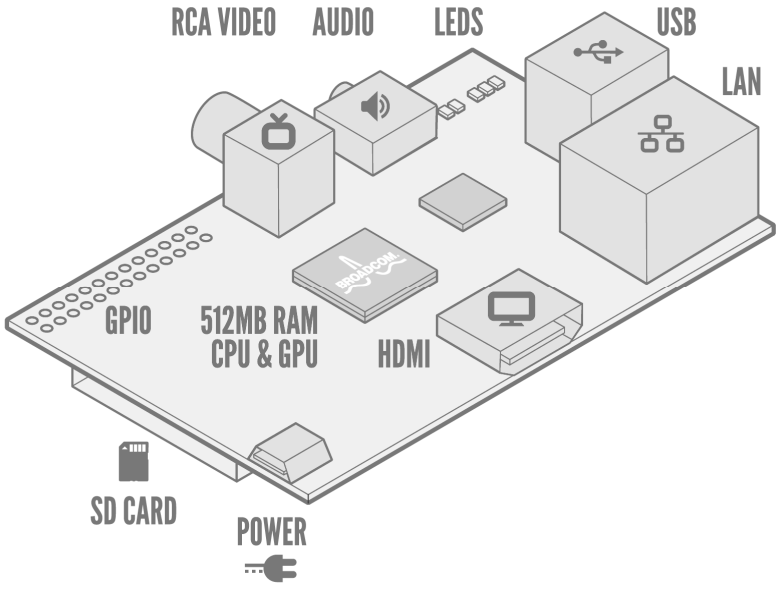


Рис. 1. Схема Raspberry Pi 3 Model B

В данном проекте было решено использовать фреймворк Flask, предназначенный для построения веб-приложений на языке программирования Python.

По умолчанию Flask не содержит в себе какую-либо библиотеку форм или слоя для работы с базами данных. Flask – хорошая основа для веб-приложений, позволяющая добавлять функционал, необходимый именно для вашего проекта, вручную или с помощью сторонних расширений. [2]

В нашем случае будет использоваться шаблон проектирования MVC (Model–View–Controller). Данный шаблон удобен для построения управляющей логики и пользовательского управления приложения. Структура модели представлена на рис. 2.

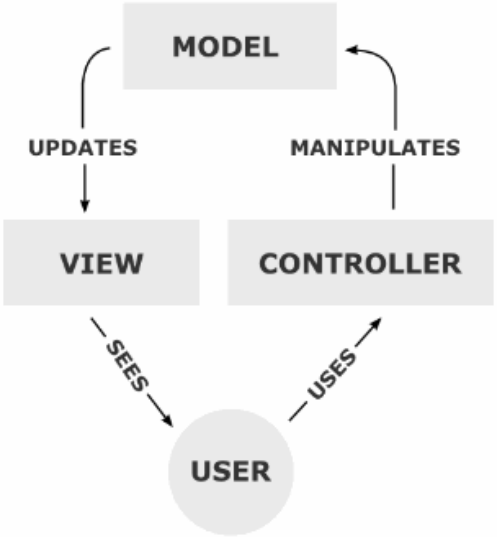


Рис. 2. Модель MVC

Компоненты MVC будут выполнять следующие задачи:

1. Модель (Model) предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя своё состояние;

2. Представление (View) отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели;

3. Контроллер (Controller) интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений. [1]

В конечном итоге разрабатываемый проект будет состоять из робота и системы управления:

Робот включает следующие компоненты:

1. Микрокомпьютер Raspberry Pi 3;

2. Различные датчики (датчик температуры, датчик расстояния, датчик света и т.д.);

3. Моторы;

4. Веб-камеру;

5. Светодиоды;

6. Специально разработанный корпус.

Система управления роботом:

7. Веб-приложение на Flask;

8. Сервер;

9. База данных с правилами поведения в различных ситуациях.

На данном этапе разработки проекта реализовано следующее:

1. Движение робота за счет управления с клавиатуры.

2. Мониторинг влажности и температуры окружающей среды в реальном времени.

3. Измерение расстояния до ближайшего объекта.

4. Отображение показателей с датчика температуры с помощью RGB-светодиода:

1) красный цвет – при температуре от 25 градусов,

2) синий цвет – при температуре 10 градусов и ниже,

3) зеленый цвет – при температуре от 10 до 25 градусов.

В дальнейшем разрабатываемая система будет расширяться за счет идей и реализаций свободных разработчиков.

1. Михеев В.А., Корягин К.П. Разработка системы управления робототехническим комплексом на Django // Молодые исследователи – регионам: материалы Международной научной конференции (Вологда, 18-19 апреля 2017 г.): в 4 т. / М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т ; [отв. ред. А.А. Синицын]. – Вологда : ВоГУ, 2017. – Т. 1. – С. 109-111.

2. Документация Flask (русский перевод) 0.10.1. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https: //flask-russian-docs.readthedocs.io/ ru/ latest/ index.html

3. Система поддержки принятия решений. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https: //ru.wikipedia.org / wiki /СППР

4. Датчики и микроконтроллеры. GenerationS. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https: //geektimes.ru/post /255118 /

РЕШЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИГРЫ В ПРОГРАММЕ POM QM FOR WINDOWS

А.Н. Размахнина
Научный руководитель ***Р.И. Баженов,*** *канд. пед. наук, доцент*
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема
г. Биробиджан

В жизни часто встречаются конфликтные ситуации, с участием двух и более сторон, имеющих собственные интересы и цели, для достижения которых они применяют различные действия. Такие ситуации встречаются во время обычных состязаний, настольных игр, в экономической и управленческой сфере, военном деле, рыночной и политической деятельности и т.д.

Как правило, конфликтная ситуация характеризуется тремя признаками: наличие заинтересованных сторон, возможные действия для достижения цели и сами интересы. Главная цель конфликта – получить максимальный выигрыш.

Для упрощения анализа конфликтной ситуации строится упрощенная формальная модель конфликта, называемая игрой.

Для проведения исследования мы выбрали математический модуль, называемый «Теория игр», в котором реализовали реальную проблему конкурентной среды на рынке продаж.

Теория игр – раздел математики изучающий оптимальные стратегии поведения в конфликтных ситуациях.

Стратегией является осознанное действие участника игры, выбранное из множества других.

В итоге получаем набор действий игроков с набором разнообразных стратегий и результат игры – выигрыш, который получает игрок после действия выбранных стратегий.

В зависимости от характера конфликта выбирается вид игры. Так, например игры делятся по количеству стратегий на: конечные, бесконечные; по характеру взаимоотношений на: бескоалиционные, кооперативные, коалиционные; по характеру выигрышей на: игры с нулевой суммой и игры с ненулевой суммой и т.д.

Можно сказать, что анализом в данной области занимается довольно много исследователей. Так, например У.С. Журавлева и Р.И. Баженов провели исследование модуля теории игр в программе POM QM for Windows и решили задачу соперничества двух игроков «администратора» и «хакера» [1].

Л.А. Скотникова применила один из разделов теории принятия решений для решения конкретных природных задач [2].

Также решением жизненных ситуаций с помощью модуля теории игр занимались Т.Р. Шахмуратов «Математическое моделирование финансово-

экономических крахов методами теории поля и теории игр» [3], А.Н. Малолетко «Матричные технологии теории игр в контрольноревизионной работе» [4].

Нами был проведен анализ конкурентной среды современного рынка с помощью матричной игры.

Матричная игра – это конечная игра двух игроков с нулевой суммой, в которой задаются выигрыши первого игрока в виде матрицы (строка матрицы соответствует номеру применяемой стратегии первого игрока, столбец – номеру применяемой стратегии второго игрока; на пересечении строки и столбца матрицы находится выигрыш первого игрока, соответствующий применяемым стратегиям). Выигрыш второго игрока равен проигрышу первого [5].

Любая матричная игра имеет конечное решение, которое может быть найдено путем сведения игры к задаче линейного программирования.

В решении подобного рода задач успешно себя зарекомендовал программный продукт POM QM for Windows.

POM QM for Windows – программное обеспечение, которое включает раздел линейного программирования, применяется в расчете количественных методов, исследовательских операций, логистических и статистических задач.

Два предприятия выпускают бытовую технику. Доля сбываемой продукции первого предприятия (А) составляет 53%, второго (В) – 47%. В условиях конкуренции оба предприятия стремятся повысить уровень своих продаж. Для этого они могут открыть новые точки продаж (a1, b1), использовать рекламные ролики (a2, b2), расширить ассортимент (a3, b3), оставить все как есть (a4, b4).

Рассмотрим ситуацию для первого предприятия, с учетом выполненных мероприятий по улучшению продаж (табл.).

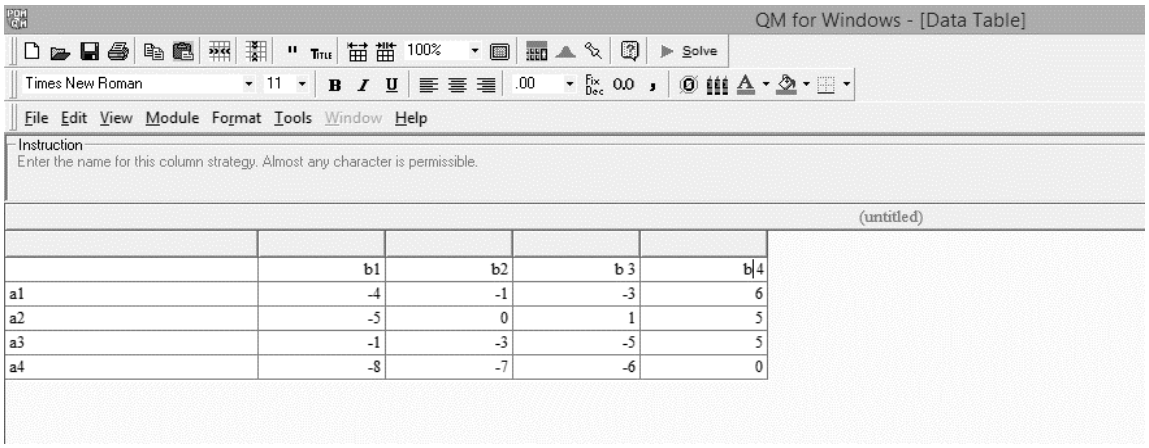
Таблица

	B 1	B 2	B 3	B 4
A 1	-4	-1	-3	6
A 2	-5	0	1	5
A 3	-1	-3	-5	5
A 4	-8	-7	-6	0

Приведенная выше таблица демонстрирует простейшую матричную игру с нулевой суммой. Как сказано в условии, в такой игре участвует два игрока, конкурирующих друг с другом.

Чтобы определить, кто займет место победителя, необходимо ответить на вопрос: какое из мероприятий наиболее эффективно для каждого из предприятий и как изменится доля предприятия на рынке после внедрения соответствующего мероприятия?

Для решения данной задачи линейного программирования используем программу POM QM For Windows. В частности ее модуль Game Theory (рис. 1).

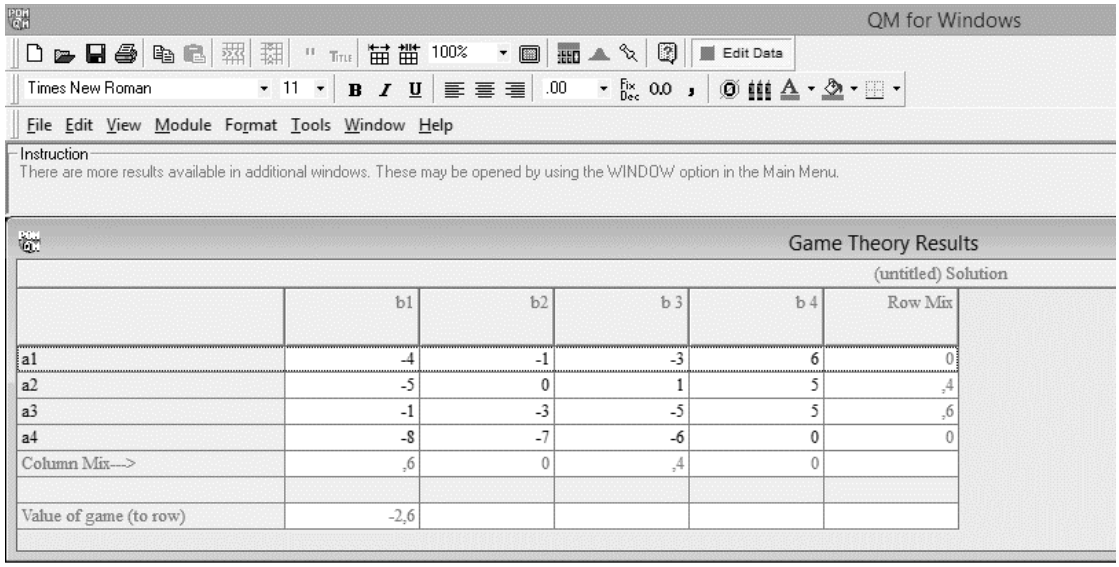


	b1	b2	b 3	b 4
a1	-4	-1	-3	6
a2	-5	0	1	5
a3	-1	-3	-5	5
a4	-8	-7	-6	0

Рис. 1. Внесение данных задачи

Для того чтобы запустить расчеты, нажимаем на панели инструментов Solve Problem.

После вычислений программы получаем следующий результат (рис. 2):



	b1	b2	b 3	b 4	Row Mix
a1	-4	-1	-3	6	0
a2	-5	0	1	5	,4
a3	-1	-3	-5	5	,6
a4	-8	-7	-6	0	0
Column Mix--->	,6	0	,4	0	
Value of game (to row)	-2,6				

Рис. 2. Результат вычислений

Цена игры составляет 2,6. Из расчетов можно заключить, что первое предприятие должно использовать такие стратегии, как использование рекламных роликов и расширение ассортимента соответственно с частотами 0,4 и 0,6, а стратегии a1 и a4 не использовать вовсе; оптимальными стратегиями для второго предприятия, в свою очередь, будут: открытие новых точек продаж и расширение ассортимента продаж с частотами 0,6 и 0,4. В результате проведения данных мероприятий получим, что доля второго предприятия на рынке продаж возрастет на 2,6%, следовательно, доля первого предприятия уменьшится.

Можно сделать вывод, что после проведения вспомогательных мероприятий дела второго предприятия улучшились, а первого – наоборот. Может сложиться впечатление, что, если бы первое предприятие не предпринимало

никаких действий, оно бы не пострадало, но нет, в таком случае, после действий второго предприятия, оно пострадало бы еще больше.

В ходе исследования была решена конкретная проблема рынка продаж в форме игры в программе POM QM For Windows.

1. Журавлева, У. С. Исследование модуля теории игр в программе POM QM for Windows / У.С. Журавлева, Р.И. Баженов // Постулат. – 2016. – № 6. – 44 с.

2. Скотникова, Л.А. Матричные игры с природой / Л.А. Скотникова, 2016. – №10. – С. 156-161.

3. Шахмуратов, Т.Р. Математическое моделирование финансово-экономических крахов методами теории поля и теории игр / Т.Р. Шахмуратов – Казань, 2009.

4. Малолетко, А.Н. Матричные технологии теории игр в контрольноревизионной работе / А.Н. Малолетко, 2006. – № 3. – С. 131-136.

5. Теория игр [http://www.nntu.ru] / Лекции. – Режим доступа : http://www.nntu.ru/attest/its.php?file=Metod_io_ait_23.03.02nttk_ti_mukrz.pdf. – Загл. с экрана.

6. Саакян, Г.Р. Теория игр: Текст лекций / Г.Р. Саакян. – Шахты: ЮРГУЭС, 2006. – 26 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ С ПОМОЩЬЮ БЛОКЧЕЙН

Т.Ф. Рашитов

Научный руководитель ***В.А. Колесов,*** *старший преподаватель*

Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

В настоящее время можно отчетливо наблюдать, что технология блокчейн достигла больших масштабов и заметно вышла за область экономики и криптовалют, где брала свое начало, развитие и перспективы данной технологии находят свое отражение все в новых и новых отраслях.

Принято считать, что технология блокчейн берет свое начало в системе Bitcoin как полностью реплицированная распределенная база данных. Поэтому у большинства имеются ассоциации блокчейна непосредственно с криптовалютами, однако данная технология потенциально применима для любых блоков взаимосвязанной информации.

Блок – это структурированная запись. Блок включает в себя хеш, хеш предыдущего блока, хранимую информацию, а также различную служебную информацию.

1. Основные принципы технологии блокчейн.

Взяв за основу начальную реализацию технологии блокчейн в Bitcoin, необходимо описать основные принципы, на которых была построена эта технология, к ним относятся:

а. Распределенная сеть. Системы, в которых использование блокчейна технологически оправдано, должны быть распределенными. Например, в системе Bitcoin сеть является полностью реплицированной и распределенной между всеми участниками. Данный принцип позволяет существенно повысить надежность и устойчивость к атакам, характерным для централизованных сетей, например таким, как DoS и DDoS-атаки.

б. Доверие к системе. Одним из главных условий эффективного использования блокчейна является доверие к автоматизированной системе, а также ко всем её механизмам. Таким образом, факты в подтвержденных цепочках блоков должны приниматься как достоверные в отношении любого пользователя [2].

в. Защита данных. Основой технологии блокчейн является предотвращение возможности изменения данных в цепочках блоков. Так как используется распределенная сеть, то блоки информации должны содержать информацию об авторе.

г. Длиннейший блок – одно из важнейших правил, гласящее, что истинной будет считаться самая длинная цепочка блоков [2].

К основным методам защиты, применяемым в системах криптовалют, основанных на блокчейне можно отнести:

а. Подтверждение работы (с англ. Proof of work) – метод защиты от возможных злоупотреблений со стороны клиента, заключается в необходимости выполнения им сложной вычислительной работы, довольно простой в проверке (односторонние функции), позволяющей существенно ограничить количество исходящих запросов с клиентской стороны. Суть майнинга, как раз заключается в подборе хеша, удовлетворяющего определенным условиям (определенное количество нулей в начале);

б. Алгоритм SHA256 – алгоритм однонаправленной хеш-функции, который позволяет получить хеш (дайджест) сообщения любой длины. Механизм связи блоков в цепочку реализован таким способом, что текущий блок хранит хеш предыдущего блока.

2. Технология блокчейн для защиты интеллектуальной собственности.

В широком смысле под интеллектуальной собственностью понимается исключительное право, закрепленное законодательством, а также неимущественные права авторов на результат собственной интеллектуальной деятельности. Другими словами, в понятие «интеллектуальная собственность» попадают все результаты умственной деятельности человека. Однако отследить истинное авторство, зачастую, не представляется возможным, из-за нематериальной природы интеллектуальной деятельности человека, в связи с чем, довольно часто случаются споры по поводу авторства.

Так как само понятие интеллектуальной собственности охватывает большое количество сфер человеческой деятельности, то представить общий эффективный способ защиты всех её объектов не представляется возможным. Поэтому предлагается рассмотреть применение технологии блокчейн для более узкого направления, например такого, как публикация научных работ.

По словам главы компании Coin Services, существует несколько пунктов, которые позволяют определить наличие необходимости внедрения технологии блокчейн, к этим пунктам относятся:

– отсутствие доверия между узлами сети;

– потребность в базе данных;

– необходимость заполнения базы данных из нескольких источников;

– потребность во взаимодействии между транзакциями и запросами;

– отсутствие необходимости посредника. [2]

Исходя из этого, можно заключить, что применение блокчейна в системе, ориентированной на защиту объектов интеллектуальной собственности, целесообразно.

Рассмотрим основные преимущества, которые может дать применение технологии блокчейн:

1. Возможность зафиксировать отдельные идеи и мысли научного исследования в течение, а не только по окончании, всей работы;

2. Распределенная сеть, повышающая безопасность хранения информации;

3. Невозможность изменения информации, хранящейся в блоке (так как потребуется изменять все последующие блоки, для чего необходимы огромные вычислительные мощности);

4. Надежная привязка к автору и дате создания нового блока;

5. Простота отслеживания первоисточника информации.

Для создания подобной системы технология блокчейна в её классическом виде будет неэффективна, в связи с тем, что изначально она была предназначена для создания полностью реплицированной распределенной системы с максимальным уклоном на безопасность в ущерб производительности. Так, например, на сегодняшний день система Bitcoin может обрабатывать всего 7 транзакций в секунду, что катастрофически мало для любых распределенных приложений с большим потоком входных обращений. [4]

Для решения проблемы производительности необходимо отойти от полной репликации, эту проблему в настоящее время позволяют решить следующие технологии:

1. IPFS (от англ. межпланетная файловая система) – технология, представляющая собой распределенную одноранговую систему, которая позволяет объединить всех её клиентов одной файловой системой. Данную технологию можно представить в виде torrent-сети, обменивающейся файлами с единым репозиторием [1]. К положительным характеристикам подобной схемы можно отнести следующее:

а. Каждое устройство хранит только информацию нужную ему, а также метаинформацию о расположении файлов на других устройствах;

б. Высокая пропускная способность;

в. Клиенты не обязаны доверять друг другу (это связано с тем, что адресация ведется по содержимому метафайлов);

г. Отсутствуют точки отказа.

К недостаткам технологии IPFS относят:

а. Хранение только неструктурированной информации;

б. Отсутствие гарантии в предоставлении необходимой информации в случае отсутствия её автора в сети.

Указанных недостатков можно избежать при использовании распределенных баз данных для хранения информации.

2. Распределенные базы данных – базы данных, хранимая информация которых распределена физически согласно какому-либо условию. Так как для организации подобной системы необходима база данных с устойчивостью к разделению (полное функционирование даже в случае отключения некоторых узлов сети), а также с возможностью хранения внутренней структуры (не только ключевого значения блока, но и его содержания), то целесообразно использовать NoSQL базы данных. Они позволяют в некоторых случаях уйти от проблем масштабируемости, доступности и согласованности данных. К достоинствам такого подхода можно отнести:

а. высокую скорость;

б. возможность хранения структурированной информации;

в. устойчивость к разделению.

К недостаткам относится так называемая проблема «византийских генералов», то есть существует необходимость в доверии к другим участникам сети. Однако, как было сказано ранее, для реализации подобной системы не требуется полная репликация данных, поэтому роль пиров могут выполнять множество доверенных серверов, тем самым исключается возможность злонамеренного воздействия на базу данных со стороны клиентов.

В заключение отметим, что технология блокчейн в настоящее время получила широкое развитие и продолжает двигаться вперед ускоренными темпами. Свидетельством этому могут служить сообщения исследователей Сиднейского университета (USYD) о том, что разрабатываемая ими технология Red Belly Blockchain может обрабатывать более 660 тысяч транзакций в секунду[3].

Исходя из всего вышеперечисленного, можно с уверенностью сказать, что блокчейн охватывает все новые и новые сферы человеческой деятельности, и защита интеллектуальной собственности не является исключением.

1. Бочкарева Е. С. Что такое протокол IPFS и что он значит для бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://rb.ru/story/ipfs/. (27.10.2017)

2. Воеводин, Е.Ю. Исследование применения технологии блокчейн в образовательном процессе / Е. Ю. Воеводин // Электронное обучение в непрерывном образовании, 2017. – № . – С. 65-69.

3. McLean A. University of Sydney touts Red Belly Blockchain as outperforming Visa [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http:// www.zdnet.com/article/university-of-sydney-touts-red-belly-blockchain-as-outperforming-visa/#ftag=RSSbaffb68. (28.10.2017)

4. Vitáris B. This Sydney Uni Blockchain Claims to Process 400,000 Transactions/Sec; 7X of Visa, 57,000x of Bitcoin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.cryptocoinsnews.com/red-belly-blockchain-to-process-over-400000-transactions-per-second/. (28.10.2017)

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Е.С. Родиманова
Научный руководитель ***А.П. Сергушичева,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время, когда технологии настолько глубоко проникли в жизнь человека, многие задумываются, как можно облегчить свой труд, используя мир битов и байтов. Многие крупные компании, например, практикуют единые системы управления бизнесом. Такие системы наиболее актуальны для компаний с множеством филиалов, там, где необходимо реализовать нераздельную обработку информации с единым центром хранения данных.

Единая система управления бизнесом (SBMS – Single business management system) – многопользовательская распределенная программируемая информационная система, которая предоставляет централизованный механизм управления бизнесом. [1] Это означает, что компания имеет общую базу данных, а не отдельную на каждый свой филиал. Доступ к ней может получить любой сотрудник. Ему нужно просто авторизоваться в программе.

Подобных систем множество, я приведу лишь некоторые из них. Например, система «Адванта» – универсальная система управления проектами, SBMS компании «МегаФон» – система управления абонентской базой данных, «Business Management System» – система внедрения учета и контроля бизнеса, «Петер-Сервис» – еще одна система управления абонентской базой.

Функционал программ определяется их назначением, т.е. зависит от того, где планируют использовать систему – в торговле, производстве, в качестве абонентской базы. Так, например, система «Адванта» содержит в своем арсенале следующие функции: построение диаграммы Ганта, постановка и прием-

ка задач, расписание исполнителей, электронный архив, планирование и учет времени, панель управления проектов в режиме «онлайн», персональный рабочий кабинет, лента новостей, возможность обсуждать рабочие вопросы, согласование документов, ведение протоколов совещаний.[2] А вот «Business Management System» предлагает такие возможности, как складской учет по партиям, учет и контроль логистики, отчеты, документы в режиме реального времени, загрузка или выгрузка баз данных, удаленное безопасное хранение информации. Данная система идеально подходит, если вам необходимо произвести распределение торговых сетей или же провести учет и анализ продаж и запасов на различных складах.

Все системы однотипны по своему строению и включают в себя отдельные модули:

1. Модуль CRM (сокращение от Customer Relationships Management). В центре внимания этого модуля находится клиент. CRM-системы позволяют "интегрировать" клиента в сферу организации. Это означает, что фирма получает максимально возможную информацию о своих клиентах и их потребностях.

2. Модуль администрирования. Позволяет вносить изменения в уже существующие данные или добавлять новые.

3. Модуль документооборота. Помогает работать с отчетами.

4. Модуль ERP (Enterprise Resources Planning). Этот модуль необходим, чтобы усовершенствовать такие процессы, как планирование, изготовление, учет и контроль. При разработке и внедрении ERP-систем в компании клиент рассматривается как "элемент внешнего мира" и определяющего влияния не оказывает. Другими словами, ERP-системы направлены на достижение конкурентных преимуществ за счет оптимизации внутренних бизнес-процессов.

Несомненно, такие системы имеют ряд плюсов. Они объединяют филиалы крупных организаций в единую сеть и могут быть адаптированы к практически любой ИТ-инфраструктуре, помогают работать с большим объемом информации, избавляют человека от длительной рутинной работы, увеличивается скорость обработки информации. SBMS может быть установлена непосредственно на компьютер сотрудника, что позволяет работать напрямую с операционной системой и получать доступ к ресурсам при помощи Интернет.

Несмотря на множество достоинств, любая система имеет свои минусы. При работе с системой компании МегаФон были выявлены следующие недостатки:

– Первый, и самый, пожалуй, большой минус – программа имеет очень много системных ошибок. Как показывает опыт автора, она часто «вылетает», зависает, долго загружает данные, что, соответственно, приносит некоторые неудобства. Перед человеком, работающим с такими системами, чаще всего стоит цель – обслужить клиента очень быстро, а программа, к сожалению,

этого сделать не дает. Она работает с большими базами данных, и, возможно, это отчасти влияет на быстродействие.

– Интерфейс. Речь сейчас не о его красоте (хотя это тоже сюда включается), а именно удобстве. Хотелось бы иметь все данные, которые часто нужны, где-то на виду – на главной странице, например. Сейчас же нужно открыть множество вкладок, пока найдешь то, что тебе нужно.

– Повторяющиеся данные. Как это проявляется? Например, при прохождении в разные вкладки – видим одни и те же данные. Для чего это сделано – непонятно. Это только усложняет интерфейс, нагружая его ненужными вкладками.

– Сложное обучение. Чаще всего такие системы очень объемные по функционалу. Новичку сложно запомнить местонахождение нужных данных. Многие, работая уже не первый год с этой программой, не знают всех ее функций.

В соответствии с вышесказанным, можно выделить следующие направления развития SBMS:

1. Расширение функционала SBMS и разнообразия моделей управления бизнесом. Например, включение в SBMS модели финансового управления (взгляд на бизнес с точки зрения движения финансовых средств), маркетинговой модели (оценка влияния внешней среды – рынка – на рассматриваемый бизнес), модели управления производством, модели управления логистикой (снабжением и сбытом) и других.

2. Улучшение интерфейса, повышение удобства использования и обучения. К примеру, можно поместить основные данные на главной странице. Как показывает практика, именно эта страница загружается быстрее остальных, не нужно открывать что-то дополнительно – вся информация уже перед глазами. Если брать пример с компанией МегаФон, которая как раз использует подобную систему, то на первую страницу можно бы было поместить расходы по номеру, остатки интернет-трафика, минут, SMS-сообщений, основную информацию о клиенте, его тарифе, скидках. Чаще всего клиентов интересуют именно списания с их счета и остатки скидок. Сделав это, можно сразу избавиться от двух пунктов – улучшить время работы сотрудника и упростить интерфейс программы.

3. Создание системы специализации, т.е. для конкретного производства. При разработке SBMS необходимо учитывать, как именно эта программа будет использоваться – в торговле, для работы с абонентской базой.

Таким образом, системы единого управления бизнесом в настоящее время уже широко используются в различных сферах для упрощения работы с большими базами данных. Человек затрачивает меньше сил и времени при работе с этими программами. Легко управлять данными, а при необходимости все можно представить в виде удобного отчета, не затрачивая много сил на

его создание. Но все же такие системы не идеальны. Улучшение таких систем сыграет положительную роль для будущего использования SBMS.

1. Информационные технологии для бизнеса [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://doslab.ru/news/edinaya-sistema-upravleniya-biznesom-sbms.html

2. Адванта [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.advanta-group.ru/about-system/

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА RIVERBED MODELER В ДИСЦИПЛИНЕ «СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»

А. С. Сергеев

Научный руководитель ***А.А. Суконщиков,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Ни для кого не секрет, что на текущий момент времени сетевые технологии испытывают сильнейший подъём. Internet-технологии встречаются уже буквально на каждом шагу. Различные организации и предприятия строят свои локальные вычислительные сети (ЛВС) как для внутреннего взаимодействия, так и для общего доступа в открытую сеть. Для проектирования и расчёта всего многообразия локальных сетей существует программный продукт Riverbed Modeler, с помощью которого обучение студентов построению различных ЛВС становится в разы проще.

Riverbed Modeler – программный комплекс, предназначенный для виртуального построения, анализа и прогнозирования производительности ИТ-инфраструктуры, включая приложения, серверы и различные сетевые технологии. Программный продукт способен обеспечить специалистов в области сетевых технологий всем необходимым для успешной и продуктивной разработки различных вариантов сетей предприятий, а студентов – для понимания принципов построения и работы ЛВС и отдельных их элементов. С помощью Riverbed Modeler можно выполнять проектирование и тестирование локальных сетей до их ввода в эксплуатацию, что положительно скажется на возможных расходах. Комплекс выделяется наличием огромной библиотеки, включающей в себя множество различного сетевого и иного компьютерного оборудования, используемого для построения необходимой топологии сети и её компонентов. Riverbed Modeler предоставляет пользователю высококачественную среду проектирования ЛВС, возможность выполнять её симуляцию и подробно анализировать как различные компоненты проектируемой ЛВС, так и общие её показатели. Версия Riverbed Modeler Academic Edition является бесплатной и свободно распространяется с официального сайта, что позволяет исключить траты на закупку комплекса.[1]

Комплекс обеспечивает пользователям следующие возможности:

1. Разработка как совершенно новых, так и основанных на существующих собственных протоколов и технологий беспроводных сетей;
2. Оценка качества и возможностей улучшения стандартных протоколов;
3. Проверка и демонстрации технологических разработок в реалистичных сценариях перед развертыванием в производственной среде;
4. Повышение производительности в сфере исследования и разработок сетей и ускорение вывода на рынок.[2]

Обучающий комплекс, основанный на данном программном продукте, на данный момент насчитывает 5 лабораторных работ и курсовой проект. Комплекс включает в себя:

1. Ознакомительные мероприятия с программным продуктом;
2. Построение простейших сетей ЛВС;
3. Изучение производительности различных топологий;
4. Работы по оптимизации сети;
5. Применение межсетевого экрана для управления трафиком;
6. Изучение особенностей IP-Телефонии;
7. Изучение QoS (Quality of Service).

Курсовой проект объединяет в себе всё то, что было выполнено в лабораторных работах в одной большой сети. По вариантам распределяются различные особенности и нюансы проектирования сети. В ближайшее время список лабораторных работ будет расширяться. В планах на рассмотрение присутствует работа с беспроводными станциями, VLAN, исследование окна TCP, оценка производительности WAN приложения.

Для примера рассмотрим часть последней созданной лабораторной работы – изучение VoIP. Здесь рассматриваются различные варианты передачи голосовых пакетов и влияние на VoIP трафик со стороны пользователей FTP. Изначально проводится простой «пинг» тест голосовой связи для оценки нагрузки линии от одной станции до сервера. Затем производятся теоретические расчеты, и количество пользователей увеличивается до 25. После проверки нагрузки изменится количество инкапсулируемых голосовых фреймов в каждый пакет (для уменьшения нагрузки за счёт небольшого падения качества связи), а кодек голосовых пакетов будет переведён в режим «silence», то есть передача пакетов будет производиться только при наличии голосовых фреймов (в первом варианте передача пакетов производилась на протяжении всего звонка). Сравнение трёх прогонов модели показано на рис. 1, где нижний график соответствует пинг-моделированию, верхний – 25 VoIP клиентов, средний – с коррекцией трафика. Статистика нагрузки на линию в первом случае около 3%, во втором – 85%, в третьем 20%.

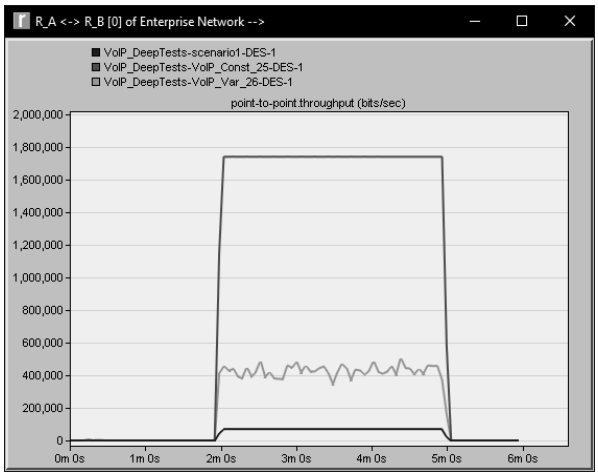


Рис. 1. Сравнение нагрузки на канал связи

После данных действий производится постепенный ввод пользователей FTP. Сначала 10, потом 70, и, наконец, 200. Результаты снова сравниваются (рис. 2) и делается вывод по работе.

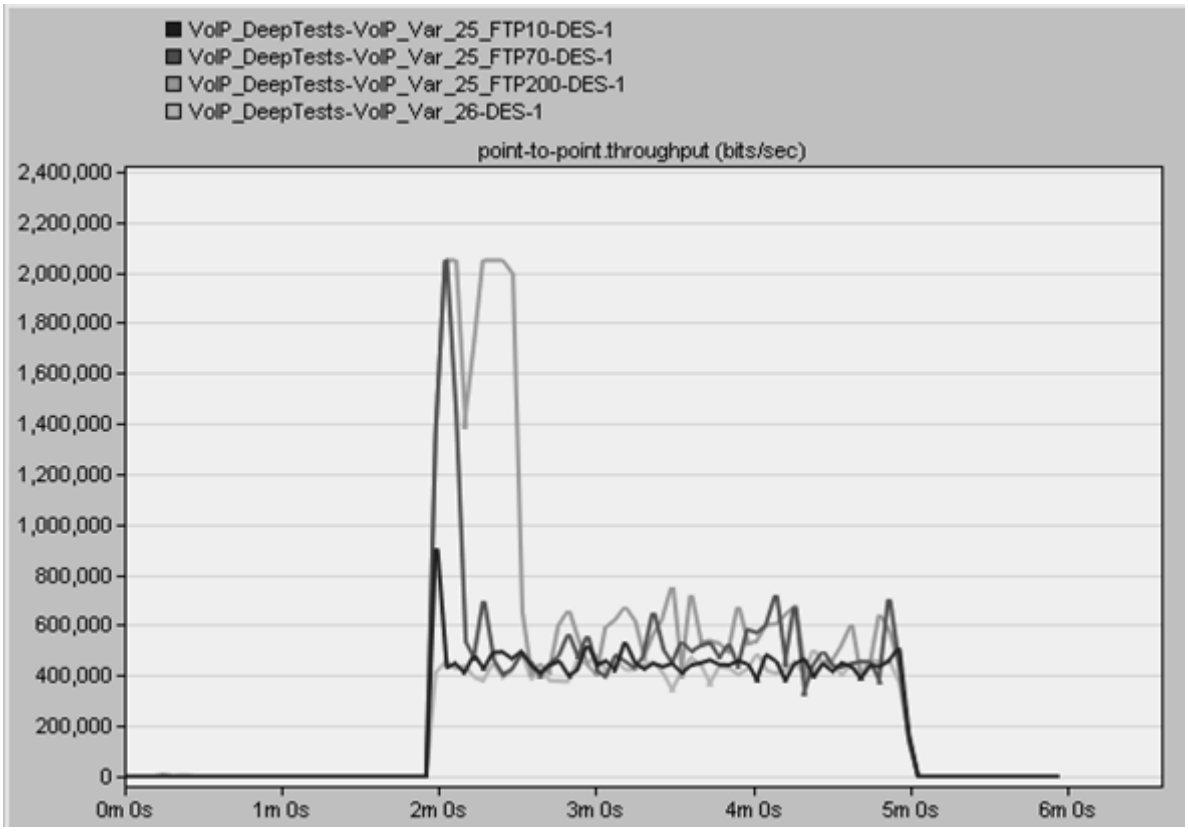


Рис. 2. Сравнение нагрузки на канал связи

Здесь опущены результаты первых двух прогонов (пинг и 25 VoIP). По результатам последних тестов можно сделать вывод, что в момент, когда одновременно открывается множество FTP соединений, нагрузка на линию свя-

зи максимальна, и пользователи IP-Телефонии во время разговора не смогут этого не заметить.

Отдельно можно сказать, что симуляция любой сети занимает не более нескольких минут, а потребление памяти весьма небольшое. Кроме того, итоги выполнения симуляции работы сети позволяют отразить широкий спектр показателей проектируемой ЛВС. Например, можно отобразить сетевую нагрузку на отдельно выбранное устройство, потерянный трафик на сетевом интерфейсе или общесетевой трафик всей симуляции ЛВС. На основании всего вышесказанного, можно сделать вывод, что Riverbed Modeler – это профессиональный комплекс, позволяющий заниматься разработкой и тестированием локальных вычислительных сетей с помощью внушительных внутренних возможностей. Программный продукт позволяет эффективно обучать студентов основам и нюансам в области сетевых технологий.[3]

1. Информационные сети. Головин Ю.А., Суконщиков А.А., Яковлев С.А. учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Информационные системы" / Ю. А. Головин, А. А. Суконщиков, С. А. Яковлев. – Москва : Академия, 2011. – 340 с.

2. SteelCentral Riverbed Modeler. Описательная страница программного продукта. Режим доступа: https://www.riverbed.com/ru/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html.

3. Сергеев А.С. Проектирование корпоративных сетей на базе Riverbed Modeler. / Сергеев А.С., Суконщиков А.А. // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Материалы двенадцатой Международной науч.-техн. конф. / ВоГУ. – Вологда, 2017. – С. 194-198.

РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

А.И. Синягов
Научный руководитель ***А.А. Суконщиков,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Удобным математическим аппаратом представления, разработки моделей и проведения различных исследований в сложных системах и комплексах являются искусственные нейронные сети (далее ИНС), сети Петри и их модификации. Процессы, происходящие в реальном времени, выражаются составными зависимостями с множеством функций и значимой нелинейностью. Проведение моделирования динамических процессов в задачах, связанных с прогнозированием, диагностикой, идентификацией, классификацией, в основе которых лежат стандартные подходы, вызывает определенные сложности.

Проведение анализа на основе процессов, использующих в качестве представления математические уравнения, позволяет получать приближённые к оригиналу модели. Но применение такого анализа задействует большие трудозатраты и ресурсы[1,2].

Главная особенность ИНС – принадлежность к непараметрическим моделям. Но именно это является причиной сложности в интерпретации её составляющих в определениях реальных процессов. В задачах, которые связаны с определением свойств ИНС, наиболее результативным представляются модели на основе многослойного персептрона и сетей с радиально-базисными функциями. Достоинством ИНС является способность к обучению, в процессе которого синаптические веса сети настраиваются с помощью того или иного адаптивного алгоритма с целью наиболее эффективного решения поставленной проблемы.

Нейронная СП определяется следующим набором:

$$\mathbf{NP} = (M, q, n, g, h, C, \tau),$$

где M – маркировка позиций сети метками с функцией принадлежности μ_i;

q – вещественная величина, соответствующая времени жизни ("потенциалу") метки в позиции;

n – целочисленная величина, равная минимальному числу меток, необходимому для активизации перехода;

g – функция для определения суммарного потенциала меток в каждой позиции в определенный момент времени;

C – множество атрибутов меток, $C = \{c1, c2\}$;

$h: TxP$ – функция веса выходных дуг переходов,

τ – время срабатывания переходов сети.

Для реализации искусственно-нейронной сети Петри была выбрана среда моделирования сетей Петри Colored Petri Nets Tools. Базовый функционал CPN Tools помогает реализовать обычные, раскрашенные и временные сети Петри [3]. Для реализации искусственно-нейронной сети (ИНС) в CPN Tools надо расширить функционал с помощью написания классов и функций, реализующих ИНС.

Сначала был разработан класс нейронной позиции. В нём присутствуют массив коэффициентов положительных сигналов и массив коэффициентов отрицательных сигналов. Также следует запоминать номер шага последнего пришедшего сигнала, чтобы отслеживать разницу между приходами сигналов, что, в свою очередь, необходимо для того, чтобы уменьшать значения коэффициентов. Коэффициенты должны уменьшатся каждый шаг, но не на каждом шагу может прийти сигнал. Так, с помощью этой переменной, можно уменьшать коэффициенты на такое количество шагов, какое прошло с момента последнего сигнала.

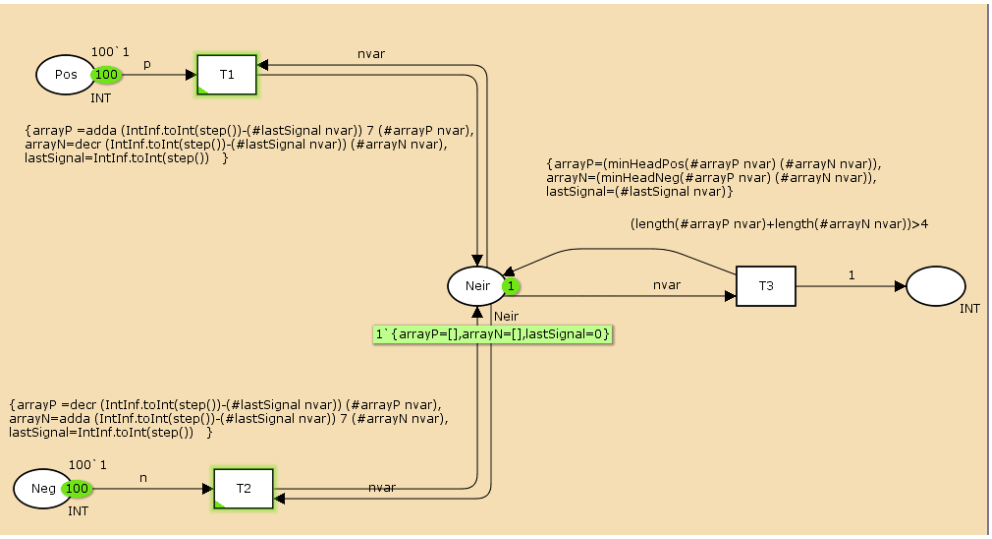


Рис. 1. Модель нейронной позиции в CPN Tools

Модель позволяет моделировать работу нейронной позиции Neir, в которой происходит суммирование сигналов. В нейронную позицию Neir приходят метки положительных и отрицательных сигналов. Им присваивается коэффициент равный 7, что соответствует времени жизни метки в данной позиции. При каждом приходе метки все коэффициенты уменьшаются на разницу текущего шага и шага, на котором пришла последняя метка (рис.2). Как только коэффициент будет меньше или равен 0 (отрицательный коэффициент может получиться, если в позицию не приходили метки более одного шага), метка удаляется из позиции. Когда общее количество меток в позиции будет больше 4, то сработает переход T3.

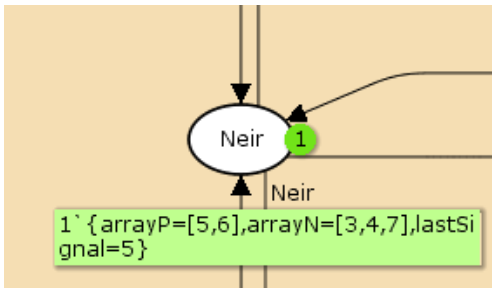


Рис. 2. Позиция Nier в ходе процесса моделирования

Исходя из этого, можно сделать вывод, что искусственно-нейронная сеть может быть смоделирована в CPN Tools. В дальнейшем с помощью CPN можно реализовать позицию с запоминанием предыдущих состояний для выявления тренда поведения системы.

1. Суконщиков А.А. Концепция системы ситуационного интеллектуально-агентного моделирования // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2017), 2017. – С. 160-164.

2. Суконщиков А.А. Разработка аппаратно-программной платформы многоагентной интеллектуальной системы управления // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования, 2017. – С. 221-224.

3. CPN Tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cpntools.org/

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Е.В. Сиротина

Научный руководитель ***А.С. Хисматуллин,*** *канд. физ.-мат. наук, доцент*

Уфимский государственный нефтяной технический университет

г. Салават

Хроматографический анализ трансформаторного масла позволяет выявить повреждения трансформатора без его отключения. Суть данного метода заключается в анализе концентрации растворенных газов. Хроматографический анализ позволяет обеспечить достаточно хорошее определение количественного и качественного содержания газов в масле [4]. По результатам этих анализов проводится оценка состояния маслонаполненного оборудования.

Преимущества хроматографического анализа:

– дефекты выявляются на ранней стадии, что позволяет предотвратить поломку трансформатора;

– возможность выявления характера повреждения (качественная концентрация различных газов соответствует различным повреждениям);

– по количественной концентрации можно судить о степени повреждения трансформатора (сопоставляются значения полученной концентрации с граничными значениями) [2,5].

Этот анализ для трансформаторов напряжением 110 кВ и выше должен осуществляться не реже 1 раза в 6 месяцев [3].

В данной статье рассмотрим хроматографический анализ состояния масляной изоляции. Виды повреждений масляной изоляции:

– увлажнение;

– примеси;

– повышение температуры [4].

Для анализа состояния масла исследуется концентрация угарного и углекислого газа. Допустимая концентрация газов – 0,002% [1] .

Применяя нечеткую логику для анализа состояния масла можно улучшить диагностику трансформатора, т.к. нечеткая логика позволяет интеллектуализировать анализ ошибок – отклонений от заданного значения [6].

Составлен алгоритм хроматографического анализа, основанного на базе нечеткой логики:

– определяются возможные и допустимые значения концентраций угарного и углекислого газов;

– диапазон значений от минимального до максимального каждого входа и выхода разбивается на термы с заданным шагом (в нашем случае на пять множеств);

– в зависимости от принадлежности значений переменных на каждом шаге к тому или иному множеству формируются правила «вход – выход»;

– происходит объединение правил, у которых при изменении входов не влияет на сигнал выхода;

– одинаковые правила объединяются;

– в результате образуется база правил на основе нечеткой логики [2].

Опишем подробно.

Концентрация каждого рассматриваемого вещества не должна превышать 0,002%. Диапазон изменения (0-0,002) концентрации разделим на пять интервалов с шагом в 0,0005. Полученные отрезки составляют нечеткие множества погрешностей концентрации.

Присвоим переменным для концентрации CO_2 следующие названия:

– «очень низкая» (N1) – соответствует значениям 0-0,0005;

– «низкая» (N2) – соответствует значениям 0,0005-0,0010;

– «средняя» (N3) – 0,0010-0,0015;

– «повышенная» (N4) – 0,0015-0,0020;

– «сильно повышенная» (N5) – больше 0,002.

Концентрации для CO:

– «очень низкая» (M1) – соответствует значениям 0-0,0005;

– «низкая» (M2) – соответствует значениям 0,0005-0,0010;

– «средняя» (M3) – 0,0010-0,0015;

– «повышенная» (M4) – 0,0015-0,0020;

– «сильно повышенная» (M5) – больше 0,002.

Составляется база правил (таблица).

Таблица

База правил

CO_2 / CO	N1	N2	N3	N4	N5
M1	Y1	Y1	Y2	Y3	Y4
M2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y4
M3	Y2	Y3	Y3	Y4	Y4
M4	Y3	Y3	Y4	Y4	Y4
M5	Y4	Y4	Y4	Y4	Y5

Исходя из этой базы правил, рассчитывается нечёткое множество.

Нечеткие переменные, соответствующие степени повреждения масляной изоляции, именуются:

– «повреждения отсутствуют» (Y1) – количество концентрации соответствуют требованиям,

– «низкий» (Y2) – незначительные превышения, которые не оказывают влияния на дальнейшую работу.

– «средний» (Y3) – появление количества газов, не приводящих к повреждению трансформатора.

– «высокий» (Y4) – повреждение масляной изоляции трансформатора, требующее немедленных технических мероприятий.

– «отказ» (Y5) – полное повреждение масляной изоляции, приводящее к отказу трансформатора.

Объединяя одинаковые базы правил, получим:

Если $C0_2$<0,001 и CO<0,0005, то повреждения отсутствуют;

Если $C0_2$<0,0015 и CO<0,001 или $C0_2$<0,0005 и CO<0,0015, то уровень повреждения низкий;

Если $C0_2$<0,002 и CO<0,001 или $C0_2$<0,0015 и CO<0,002, или $C0_2$<0,0005 и CO<0,002, то уровень повреждения средний;

Если $C0_2$<0,002 и CO<0,002 или $C0_2$<0,0016 и CO<0,002, то уровень повреждения высокий;

Если $C0_2$≥0,0002, то отказ трансформатора».

Таким образом, оперируя нечёткими множествами и вводя лингвистические переменные, разработан алгоритм хроматографического анализа на базе нечеткой логики. Предлагаемый метод позволяет определить степень повреждения масляной изоляции трансформатора, применяя интеллектуальный анализ.

1. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностики развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле – Москва: ОАО ВНИИЭ, 2001. – 42 с.

2. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 286 с.

3. Салиева Л.М., Зайнакова И.Ф., Хуснутдинова И.Г., Баширов М.Г., Хисматуллин А.С. Хроматографический метод оценки технического состояния силовых и масляных трансформаторов / Экологические системы и приборы, 2015. – № 12. – С. 35-41.

4. Хисматуллин А.С., Вахитова А.Р., Сиротина Е.В. Тенденции развития трансформаторостроения // Н34 Наука. Технология. Производство, 2017. – С. 361-363.

5. Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Повышение эффективности системы охлаждения мощных силовых трансформаторов // Фундаментальные исследования, 2015. – № 6-2. – С. 316-319.

6. Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Буланкин Е.И., Камалов А. Р. Математическое моделирование систем электроснабжения, обеспечивающих безотказную работу / Современные наукоемкие технологии, 2016. – № 1-1. – С. 51-54.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ УЧЕБНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ

А.Ю.Смирнова
Научный руководитель ***Е.Н. Давыдова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современном мире людей, не пользующихся компьютерными технологиями, становится всё меньше и меньше. Компьютерные технологии применяются везде: на заводах, в школах, в больницах, в офисах (скажем, для ведения документации или расчёта заработной платы) и т.д. Следовательно, профессия программиста становится всё более и более актуальной. В связи с этим возникает вопрос, какие способы существуют для изучения языков программирования? Какой из способов позволит изучить язык эффективно и максимально быстро?

В ходе исследования, были выявлены основные способы изучения языков программирования:

1. Чтение специализированной литературы;
2. Курсы по программированию;
3. Интерактивные учебные комплексы на основе web-технологий.

Чтение специализированной литературы – классический способ изучения чего-либо. В настоящее время есть много литературы, предназначенной для изучения программирования с разным уровнем начальных знаний. Одним из наиболее ярких примеров могут служить книги серии Head First, которые помогут самому начинающему изучить основные принципы. Книги этой серии ориентированы на активацию сразу несколько видов восприятия и запоминания информации. Для профессионалов так же есть множество книг, которые описывают не только основы, а так же особенности того или иного языка, преимущества и недостатки средств, а так же нетривиальные проблемы, которые могут возникнуть в результате использования определённых конструкций языка.

Таблица 1

Преимущества	Недостатки
Надёжность информации	Не всегда понятно описанное, отсутствие куратора
Самостоятельное обучение	Неточности перевода (в случае чтения на языке, отличном от оригинального)
Наличие заданий для проверки (некоторые книги)	Отсутствие и поздний перевод некоторых книг
Выбор удобного времени обучения	Стоимость книг (в среднем – 1200, цены некоторых доходят до 4000 рублей за книгу)
Структурированность информации	

Курсы по программированию – достаточно простой и надёжный способ, при котором преподаватели помогают изучить основные конструкции языка, ответить на все интересующие учеников вопросы, разобраться в сложных моментах. Множество различных курсов для освоения разных языков программирования сейчас есть в большинстве городов, по крайней мере, крупных. Среди них можно выбрать тот, который подходит именно вам. Так же в школах появляются кружки по программированию, преследующие ту же цель, что и курсы.

Таблица 2

Преимущества	Недостатки
Надёжность информации	Платные
Структурированность информации	Строго фиксированное время занятий
Наличие заданий для проверки	Доступность (есть не во всех городах)
Присутствие куратора	Строго по определённо заданной программе без возможности отклонения

Интерактивные учебные комплексы на основе web-технологий на данный момент являются способом, который набирает всё большую и большую популярность. Интернет сейчас является доступным большинству – 67,7% населения стран СНГ пользуется им, и большинство программистов принадлежат к тем людям, которые используют его.[1] Интерактивные учебные комплексы дают широкие возможности в определении того, что изучить, с чего начать, а так же получить информацию из первоисточника.

Таблица 3

Преимущества	Недостатки
Наличие бесплатных комплексов	Наличие платных комплексов
Рассчитаны на разный уровень знаний студентов	Доступность только при условии, что есть доступ к Интернету
Структурированность	Риск ненадёжности информации
Выбор удобного времени обучения	Не всегда присутствует куратор
Доступность	
Множество способов найти ответ на интересующий вопрос	

Таким образом, проанализировав преимущества и недостатки каждого способа, можно сделать вывод, что Интерактивные учебные комплексы на просторах Интернета – самый доступный и эффективный способ обучения. У него есть свои недостатки, с учётом которых следует с осторожностью выбирать комплексы для обучения, но за счёт данного способа обучения можно выбрать курсы на различные тематики, необходимые разработчику.

На примере объектно-ориентированного языка Java, было проанализировано два наиболее популярных интерактивных учебных комплекса:

1. GeekBrains [2] – интерактивный учебный комплекс, которые даёт широкие возможности по обучению не только Java, но и другим языкам про-

граммирования. Обладает следующим рядом преимуществ: даёт год опыта работы разработчика Java, наличие наставника, который будет курировать студента в течение всего обучения, изучение множества технологий, которые используются для разработки Java (Spring,GIT, JUnit и др.), опыт командной работы, высокая вероятность трудоустройства, выдача сертификатов о завершении. Так же есть ряд недостатков: обучение длится год, оно платное (12,5 тысяч рублей в месяц), занятия проводятся в вечернее время 2-4 раза в неделю, что может быть не всем удобно, предполагает знание основ Java, в случае, если не получается пройти тест на достаточное количество баллов для поступления – можно пройти дополнительный курс по основам Java, однако, за него придётся дополнительно заплатить 8 тысяч рублей.

2. JavaRush [3] – курс, который состоит по большей части из практики по Java. Это является его преимуществом и одной из отличительных черт. Коротко о других преимуществах: занятия в любое время, когда удобно, чётко составленный план обучения, возможность решать задачи в одной из самой популярной для разработки на Java IDE – IntelleJIdea, подсказки по поводу неправильных решений, бесплатный до 10 уровня. Недостатки: после получения 10 уровня нужна платная премиум подписка, так же не все задания до 10 уровня, доступны в бесплатной версии, стиль изложения, предложенный в JavaRush – подходит далеко не всем, не всегда комментарии о решениях верны, а так же пользователь может подсмотреть правильный ответ на форуме, линейность курса (пока не пройдёшь предыдущий уровень, не доступен следующий).

Проанализировав вышесказанное, можно сделать вывод, что существуют хорошие системы, дающие отличные возможности для обучения. Однако, интерактивные учебные комплексы платны и курсы линейны. Линейность является и плюсом, тем не менее, ограничивает пользователя, заставляя его изучать то, что он уже, возможно, знает. Поэтому не хватает интерактивной системы, предоставляющей обучение полностью бесплатно с возможностью корректировки курса в зависимости от навыков программиста.

В ходе исследования также были рассмотрены следующие варианты реализации интерактивных учебных комплексов на основе web-технологий:

1. Ручное написание сайтов. Данный способ предполагает создание сайтов на одном или нескольких языках программирования. При этом способы создания вручную также различны: при помощи текстовых редакторов или интегрированных сред разработки (IDE). Для статического сайта достаточно знания HTML и CSS, но для интерактивного комплекса этого мало, так же придётся выбрать язык для back-end разработки и скриптовый язык. Использование такого способа является достаточно сложным и требует от разработчика знаний сразу нескольких языков программирования, что позволяет сделать именно такой комплекс, который будет работать с требуемыми характеристиками по быстродействию и точности. Более того, можно реализовать всё, что нужно пользователю, что очень хорошо подходит для интерактивного учебного комплекса.

2. Конструкторы сайтов. Этот метод предполагает создание в специальном конструкторе или на основе шаблона. Множество примеров таких конструкторов можно найти в Интернете, а от пользователя для создания сайта требуется лишь регистрация. Однако данный способ подходит только для начинающих программистов или людей, не связанных с программированием. Также следует отметить, что подобные программы часто содержат рекламу или ограниченный функционал, что не подходит для создания интерактивного учебного комплекса, однако подобные конструкторы применяются для создания самых простых сайтов.

3. Создания сайтов на основе CMS движка. CMS [4] является программным обеспечением, которое позволяет управлять содержимым. Это средство позволяет создавать как простые, так и сложные сайты. Есть возможности подключиться к базе данных и взаимодействовать с ней. Есть платные и бесплатные CMS. Использование CMS для создания интерактивного учебного комплекса возможно, однако имеет свои риски:

- Риск взлома сайта – код CMS является общедоступным. Любая уязвимость, которую обнаружил хакер в CMS, ставит под угрозу безопасность всех сайтов, реализованных при помощи CMS;
- Риск медленного отклика сайта. Одной из распространённых проблем CMS является нагрузка на сервер. Поскольку одновременно использовать учебный комплекс могут тысячи человек, это может стать серьёзной проблемой;
- Не все CMS дают достаточный функционал для реализации такого комплекса.

Основываясь на результатах, полученных в ходе исследования, можно сделать вывод, что интерактивные учебные комплексы на основе web-технологий являются наилучшим способом изучения языков программирования. Для разработки интерактивного учебного комплекса предпочтительнее всего использовать способ ручного написания, позволяющий сделать быстродействующую систему с минимально возможным временем отклика.

1. Интернет в России и мире [Электронный ресурс] / Пользователи // Мир /// Пользователи интернета в мире – Режим доступа: http:// www.bizhit.ru/index/polzovateli_interneta_v_mire/0-404

2. GeekBrains [Электронный ресурс] / Курсы // Факультет Java разработки – Режим доступа: https://geekbrains.ru/geek_university/java

3. JavaRush [Электронный ресурс] сайт – Режим доступа: https:// javarush.ru/

4. WebStudio2U [Электронный ресурс] / Создание сайтов // Методы создания сайтов – Режим доступа: http://webstudio2u.net/ru/webdesign/354-site-develop-methods.html

АРХИТЕКТУРА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯ С ГЕОЛОКАЦИЕЙ

М.С. Титов
Научный руководитель ***Д.В. Кочкин,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Задача данной статьи – рассказать об особенностях архитектуры, разработанного Android-приложения, позволяющего людям объединяться в группы по интересам, используя геолокацию. Приложение использует google карты для геолокации и включает в себя элементы социальной сети: аккаунты; аватары; профиль; регистрация; личные сообщения; список друзей; возможность делиться с друзьями информацией о встречах.

В современном мире социальные сети играют большую роль в жизни общества. Например, на сайт vk.com в сутки заходит около 5 млн. человек [1], а мобильные приложения стали одним из главных трендов в развитии информационных технологий. На данный момент рынок мобильных приложений вступил в фазу активного роста. Сейчас пользователи мобильных приложений нуждаются в более хорошем и удобном способе организации, чем те, что предлагают социальные сети.

В статье будут рассмотрены:

- Задача, которую решает приложение;
- Функции приложения;
- Проблемы, которые решает приложение;
- Технологии, используемые при создании приложения;
- Архитектура;
- Способ оценить производительность приложения.

Задача, которую решает приложение

Приложение позволяет пользователям создавать встречи и общие мероприятия на основе геолокации, узнавать новости о культурных мероприятиях поблизости.

Функции приложения:

- Планирование встреч;
- Создание встреч;
- Поиск встреч;
- Отображение культурных мероприятий поблизости;
- Просмотр ближайших мероприятий.

Проблемы, которые решает приложение:

- Решение проблемы нехватки общения;
- Решение проблемы поиска места для отдыха;
- Экономия времени (чтобы определиться с местом проведения отдыха не нужно искать места, можно просто открыть приложение, выбрать интерес и на карте отобразятся места и люди);
- Облегчение поиска предпочтительных для пользователя мест;
- Увеличение круга общения.

Приложение позволяет всем участникам создать встречу на карте в несколько шагов:

- Выбор точки на карте;
- Ввод названия встречи;
- Публикация встречи.

Для того чтобы присоединиться к встрече пользователь должен:

- Выбрать свой город;
- Открыть карту;
- Найти интересующую его встречу;
- Присоединиться к встрече.

Технологии, используемые в приложении:

1. Для реализации пользовательских аккаунтов используются api социальных сетей, таких как: В контакте; Одноклассники; Фейсбук; Гугл аккаунт.

Еще имеется собственная база данных, хранящая аккаунты пользователей, которые регистрируются напрямую в приложении.

2. Для работы с картами используется api Google maps, поскольку они работают быстрее яндекс карт, их api открыт и бесплатен.

3. Чтобы удобно хранить данные, нужна СУБД. Поскольку данные хранятся и на сервере и в приложении, то в приложении подключены две СУБД:

- PostgreeSQL;
- SQLite.

В качестве удаленой БД используется PostgreeSQL. Она хранит информацию о встречах, чаты пользователей и пользовательские аккаунты.

SQLite используется локально на смартфоне и хранит настройки пользователя.

Архитектура.

Основу архитектуры составляет паттерн MVC (model view controller), он включает в себя следующие слои:

- Слой представления (view);
- Бизнес логика (controller);
- Слой работы с данными (model).

В приложении эти компоненты взаимосвязаны (рис.). Компонент представления представляет собой интерфейс пользователя. Контроллеры решают разные логические задачи, а слой работы с данными предоставляет данные котроллеру.

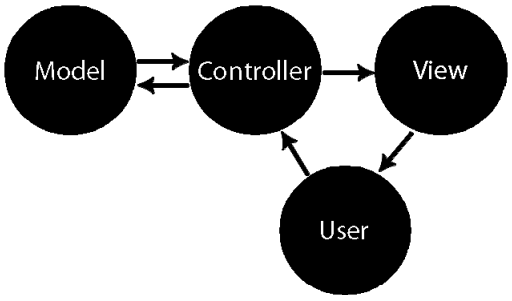


Рис. Взаимодействие компонентов приложения

Слой представления приложения содержит:
- Окно регистрации;
- Вкладку «Профиль»;
- Вкладку «Карта»;
- Вкладку «Встречи»;
- Вкладку «Новости»;
- Окно с настройками.

Классы бизнес логики:
- Отображение и работа карты;
- Создание, удаление встреч;
- Изменение и работа с настройками;
- Поиск и отображение новостей;
- Классы всех визуальных элементов;
- Классы, работающие с чатом;
- Создание, изменение и удаление аккаунта.

Классы и драйверы доступа к ресурсам:
- Стандартный класс DBHelper, для sqlite;
- JDBC драйвер, для postgreeSQL.

Используемые api:
- API googlemaps;
- API БД;
- API социальных сетей.

Способ оценить производительность приложения.

Для оценки производительности приложения будет построена модель на базе аппарата сетей Петри [2]. Модель будет включать генератор трафика [3] и сервер приложений для определения времени отклика по запросам пользователя. Задержка передачи данных по сети Интернет будет моделироваться с помощью прибавления ко времени передачи данных случайной величины.

1. Анализатор трафиков сайтов: сайт в контакте [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://ru.megaindex.com/info/vk.com

2. Суконщиков А.А. Построение и анализ модели сети АСУП на базе аппарата модифицированных нечетких сетей Петри: Монография / А.А. Суконщиков, Д.В. Кочкин – Вологда, 2015.

3. Кочкин Д.В. Модель генератора трафика на базе аппарата модифицированных нечетких сетей Петри / Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта – Вологда, 2015. – С. 77-81.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ

В.С. Березовский
Научный руководитель ***С.А. Цырук,*** *канд. техн. наук, доцент*
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
г. Москва

Под термином Data Envelopment Analysis (DEA) в отечественной литературе понимается анализ среды функционирования (АСФ), подразумевается методология исследования эффективности сложных технических и экономических объектов или систем с множеством «входов» (затрачиваемых ресурсов) и «выходов» (полезный эффект) и анализ их деятельности в окружающей среде функционирования, то есть сравнение с другими подобными объектами или системами [1].

DEA-метод является одним из наиболее популярных методов сравнительного анализа (бенчмаркинга) сложных экономических систем [2]. Он удобен выбором входных и выходных переменных, задаваемых в виде векторов, отсутствием необходимости выбора закона распределения эффективности и случайной ошибки, использованием одного интегрального показателя эффективности [3], также при использовании метода DEA не требуется информация о типе поведения компании [4]. Рассмотрим возможности данного метода для сравнительного анализа эффективности распределительных сетевых компаний (РСК).

В работах [1], [5], [6] подробно изложен математический аппарат. В DEA-анализе эффективность объекта оценивается с помощью решения оптимизационной задачи, в которой определяются оптимальные весовые коэффициенты, исходя из входных и выходных параметров остальных рассматриваемых объектов, и формулируется следующим образом:

$$\min_{\theta,\lambda} \theta$$

при ограничениях:

$$\begin{gathered} \sum_{j=1}^{n} X_j \lambda_j \le \theta X_0 ; \\ \sum_{j=1}^{n} Y_j \lambda_j \ge Y_0 , \\ \lambda_j \ge 0, \qquad j = 1, \dots, n, \end{gathered} \tag{1}$$

где θ – параметр характеризующий эффективность, который рассчитывается для компании и изменяется в пределах от 0 до 1 (θ равный единице определяет самые эффективные компании).

Обзор зарубежной и отечественной литературы показал следующую практику применения DEA-анализа при сравнительном анализе эффективности электрических сетей.

Как правило, бенчмаркинг сетевых компаний осуществляется регулятором естественных монополий для стимулирования повышения эффективности передачи и распределения электроэнергии.

Регуляторы стран Европы, Азии, Северной и Южной Америк, Австралии и Новой Зеландии осуществляют свою политику по отношению к сетевым компаниям на основе сравнительного анализа эффективности сетевых компаний по показателям, отражающим натуральные показатели компаний, их показатели технической и экономической эффективности [7] [8].

В таблице 1 перечислены учитываемые при сравнительном анализе параметры РСК и количество стран, которые используют данные параметры в качестве входных или выходных переменных.

Таблица 1

Входные и выходные параметры, используемые при сравнительном анализе РСК

Переменная	Входная	Выходная
Количество переданной энергии	2	12
Количество потребителей	1	11
Длина ЛЭП	11	4
Мощность трансформаторов	11	1
Площадь обслуживания	2	6
Максимальная нагрузка	1	4
Количество закупленной энергии	2	
Потери в сетях	4	
Издержки на оплату персонала	15	
Операционные затраты	7	
Административные затраты	2	
Капитальные затраты	5	

Как следует из таблицы 1, при регулировании эффективности РСК, регулятор, как правило, подразумевает операционную эффективность, т.е. эффективность операционных расходов. Однако в последнее время всё больше исследователей и регуляторов отмечают, что при регулировании необходимо также учитывать техническую эффективность компаний.

Совокупность показателей технической эффективности для электросетевых компаний также определяется как качество предоставляемых услуг и в рамках российской нормативной базы [9], и в рамках опыта регулирования

электроэнергетики за рубежом [10]. Среди показателей технической эффективности особое внимание уделяется показателям, количественно характеризующим уровни качества электроэнергии (КЭ) и надежности электроснабжения, т.е. такие показатели (ПКЭ) могут выступать в качестве меры эффективности электросетевой компании.

Выбор переменных для DEA-анализа эффективности РСК зависит от цели исследования и количества исследуемых компаний. На основе проведенных исследований определены входные и выходные переменные DEA-модели, в зависимости от поставленной перед моделью задачи (таблица 2)

Таблица 2

Параметры DEA-модели при различных задачах сравнительного анализа эффективности электросетевого комплекса

Сравнительный анализ	Входные переменные	Выходные переменные
Сравнительный анализ способности обеспечения КЭ	Суммарная длина линий электропередачи и суммарная мощность распределительных трансформаторов	Показатели описательной статистики, характеризующие распределение ПКЭ в сети
Сравнительный анализ эффективности обеспечения КЭ	Суммарная длина линий электропередачи и суммарная мощность распределительных трансформаторов, операционные расходы на обеспечение КЭ	Показатели описательной статистики, характеризующие распределение ПКЭ в сети
Сравнительный анализ экономической и технической эффективности РСК при регулировании отрасли	Суммарная длина линий электропередачи и суммарная мощность распределительных трансформаторов, операционные расходы	Показатели описательной статистики, характеризующие распределение ПКЭ в сети, полезный отпуск электроэнергии

1. В.Е. Кривоножко, А.В. Лычев. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. Москва: МАКС Пресс, 2010.

2. M. Farsi, A. Fetz, M. Filippini. Benchmarking and Regulation in the Electricity Distribution Sector. 54th ed. Center for Energy Policy and Economics. Swiss Federal Institutes of Technology, 2007.

3. А.А. Новожилов. Модифицированный метод оценки сравнительной эффективности предприятий в подсистеме мониторинга АСУП. Красноярск: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.13.06), 2011.

4. Кияшко Ю., Цаплин В. Заседание Комитета по тарифам и ценообразованию ЭРРА // Определение фактора эффективности (X-фактора) (предварительные результаты). Варшава, 2006.

5. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. 2nd ed. Springer US, 2007.

6. A. Boussofiane, R.G. Dyson and E. Thanassoulis. Applied data envelopment analysis // European Journal of Operational Research, 1991. – No. 52. – pp. 1-15.

7. T. Jamasb, M. Pollitt. Benchmarking and regulation: international electricity experience // Utilities Policy. – No. 9, 2001. – pp. 107-130.

8. T. Jamasba, M. Pollitt. International benchmarking and regulation: an application to European electricity distribution utilities // Energy Policy, 2003. – No. 31. – pp. 1609-1622.

9. Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 N 1220 (ред. от 24.05.2017) "Об определении применяемых при установлении долгосрочных тарифов показателей надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг".

10. Alexandra M. Supply quality regulation in the energy industry – Hungarian case study with European outlook, Energy Regulators Regional Association (ERRA), 2014.

СНИЖЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ ПС 35/10,5 кВ «МОЖАЙСКАЯ»

М.А. Болознев

Научный руководитель ***В.А. Бабарушкин,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

При передаче электрической энергии в каждом элементе электрической сети возникают потери. Для изучения составляющих потерь в различных элементах сети и оценки необходимости проведения того или иного мероприятия, направленного на снижение потерь, выполняется анализ структуры потерь электроэнергии. Рассмотрим коммерческую составляющую потерь. Структура коммерческих потерь электроэнергии показана на рис. 1.

К хищениям электроэнергии или как их еще называют несанкционированному потреблению относят:

- несанкционированное подключение к электросетям;
- подключение потребителей в обход устройств учета электроэнергии;
- внесение различных изменений в приборы учета с целью занижения фактических показаний, в том числе отсутствие своевременного оповещения энергоснабжающих организаций о выходе из строя данного оборудования;
- использование устаревших приборов учета, не отвечающих современным требованиям класса точности.

Структура потерь электроэнергии в сетях «Вологдаэнерго» за 2016 год представлена на рис. 2.

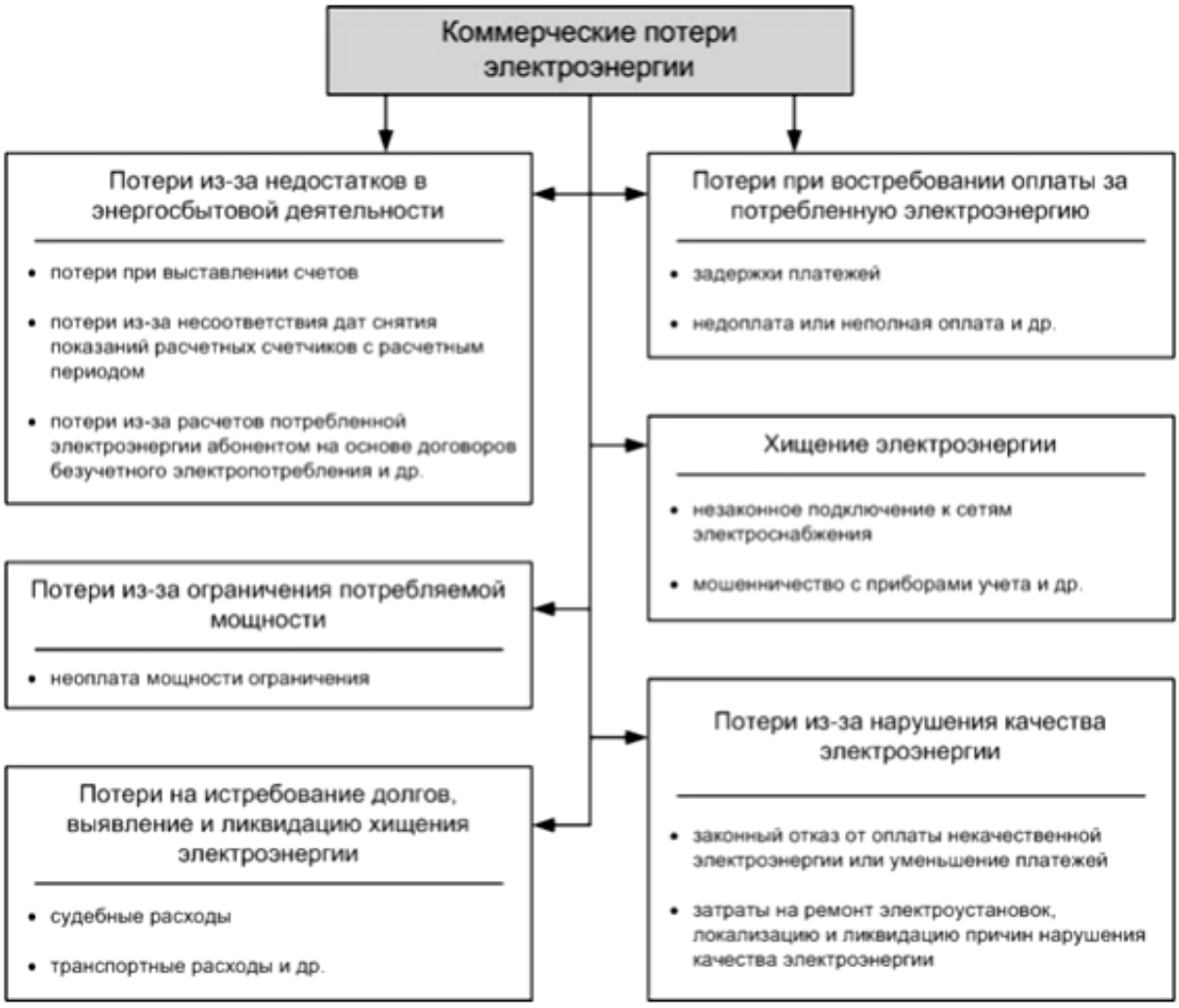


Рис. 1. Структура коммерческих потерь электроэнергии

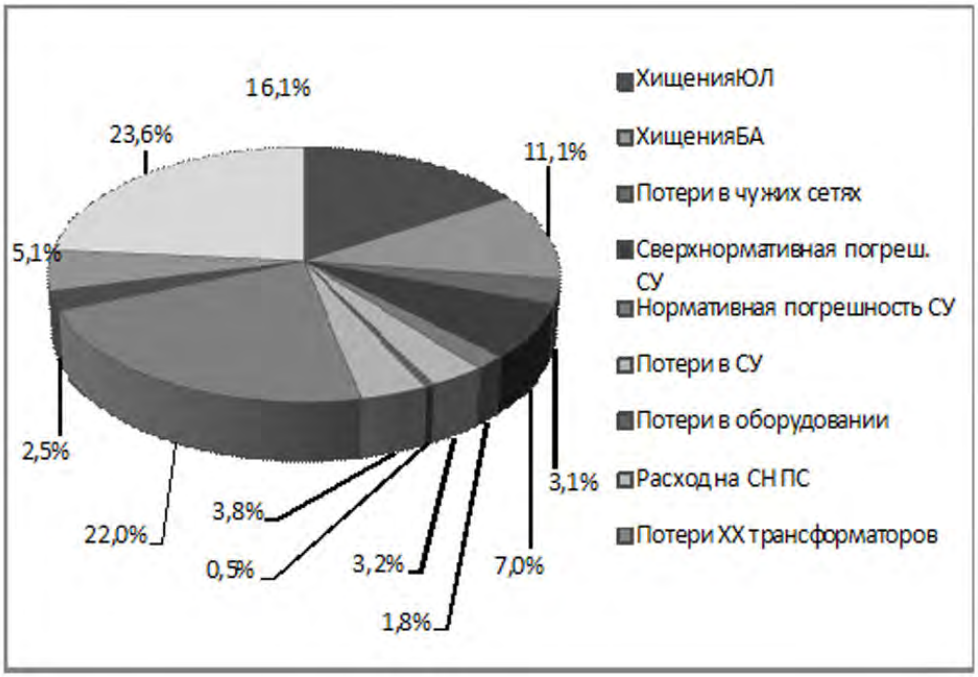


Рис.2. Структура потерь в сетях «Вологдаэнерго»

Как следует из диаграммы, в сетевых организациях на долю несанкционированного электропотребления приходится весомая, значительная часть всех финансовых потерь, причем как в частном секторе, так и в бизнесе. Суммарные хищения составляют около 27,2% всех потерь.

Размеры кражи электрической энергии увеличиваются по мере снижения температуры окружающей среды или в жаркую погоду, что, собственно, говорит о том, что львиная доля неучтенной потребляемой электрической энергии используется на отопление и кондиционирование. Рассмотрим пути снижения хищений электроэнергии в сетях 0,4 кВ.

Применение счетчиков учета электроэнергии типа РиМ.

Целью установки счетчиков являются измерения активной и реактивной электрической энергии и мощности в трехфазных четырехпроводных электрических цепях переменного тока промышленной частоты, а также для дистанционного отключения / подключения абонента. Оборудование размещают непосредственно на опоре возле отвода воздушной линии к абоненту, в месте, недоступном для абонента, что исключает возможность скрытого подключения нагрузки. Счетчик оснащен гальванически развязанными интерфейсами RF (радиоканал) и PLC (по силовой сети) для подключения к информационным сетям автоматизированных систем учета электроэнергии (АС) и предназначен для эксплуатации как автономно, так и в составе АС. Интерфейсы RF и PLC работают в тандеме, что обеспечивает резервирование каналов связи для автоматизированного сбора данных [2].

Предлагается установить счетчики с защитой от хищений типа РиМ на опорах ВЛ-0,4 кВ на фидерах сельхозрайона ПС «Можайская».

На основании проведенных расчетов и данных о распределения объемов годового потребления и зависимости объема потребления (коммерческих потерь) от объема установленных счетчиков с защитой от хищений делаем следующие выводы:

1) установка у 50% потребителей счетчиков РиМ на опорах ВЛ 0,4 кВ сельхозрайона снижает коммерческие потери на 80%;

2) ежегодная экономия может составить более 3 млн руб.;

3) срок окупаемости данных счетчиков 4,4 года, что свидетельствует об эффективности их использования.

Установка учета на опоре при новом технологическом присоединении кабелем АВК.

В настоящее существует множество способов хищения электроэнергии. Одним из самых распространенных способов является применение «прокалывающих зажимов», используемых для присоединения к электрической сети помимо приборов учета. Принцип действия заключается в проколе специальным устройством магистрального кабеля, после чего в корпусе зажима производится присоединение проводников.

Замена вводов к бытовым абонентам должна удовлетворять следующим условиям:

- безопасность – выполнить ввод изолированным (провод АПВ, СИП, кабель);

- молниезащиту – выполнить ввод кабелем или СИП (используется большое волновое сопротивление кабеля).

Предлагается производить технологические подключения с помощью коаксиального кабеля с изоляцией из поливинилхлоридного пластика с алюминиевыми жилами (АВК). Кабель АВК предназначен для передачи и распределения электроэнергии в силовых сетях и осветительных сетях. Рабочее напряжение кабеля до 380 В при 50 Гц. Конструкция кабеля сделана таким образом, что в течение всего периода эксплуатации никто не сможет «врезаться» в провод и воровать электроэнергию. Его можно использовать в трехфазных и двухпроводных сетях. Конструкция кабеля АВК представлена на рис. 3.

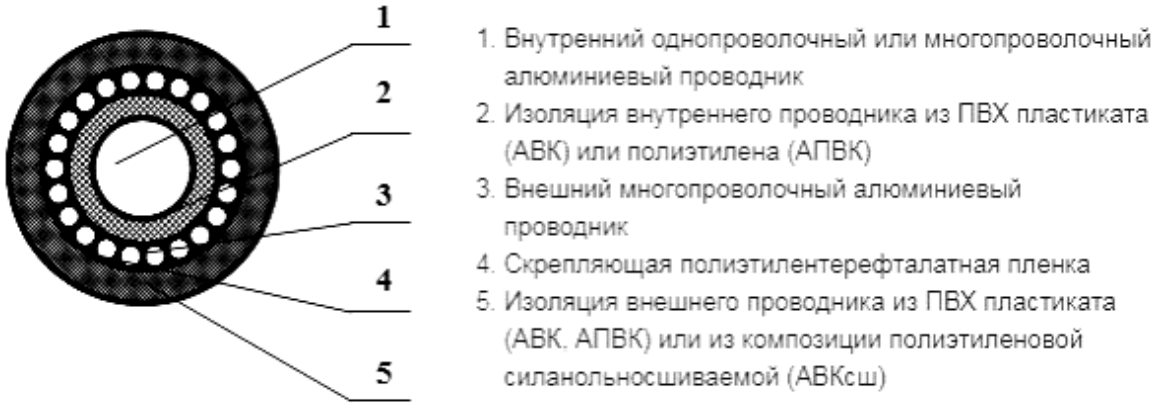


Рис. 3. Конструкция кабеля АВК

На основании проведенных расчетов и данных о распределении объемов годового потребления можно сделать следующие выводы:

1) замена вводов у 100% потребителей на кабель АВК с антивандальным щитком позволяет практически исключить коммерческую составляющую потерь электроэнергии;

2) срок окупаемости данного мероприятия 10 месяцев, что свидетельствует о высокой эффективности его использования.

Таким образом, применение кабеля АВК при технологическом подключении исключает хищение электроэнергии путем несанкционированного подключения к сети и является альтернативой применения счетчиков типа РиМ.

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго России – 7-е изд. перераб. и доп. – Москва: Норматика, 2014. – 464 с.

2. Счетчики электрической энергии трехфазные статические РиМ: руководство по эксплуатации. – Новосибирск.: ЗАО "Радио и микроэлектроника", 2014. – 30 с.

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.М. Власов
Научный руководитель ***А.А. Кушнерев,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Обеспечение качественного и бесперебойного питания потребителей электрической энергии является одним из важнейших качеств любой системы электроснабжения. Качественным показателем таких систем является способность сохранять и восстанавливать свои свойства после различных воздействий на систему, которые нарушают ее нормальный режим работы. Воздействия на систему делятся на две группы – слабые и сильные. Все слабые воздействия в основном связаны с перегрузкой электроэнергетических систем. Устойчивость систем к данному типу воздействий оценивается при помощи коэффициентов статической устойчивости. Собственно статическая устойчивость и определяет вероятность сохранения работоспособности энергетических систем при выходе из строя отдельных узлов системы. Методы, которые используются при анализе устойчивости энергетических систем, основываются на анализе дифференциальных уравнений первого приближения.

Сильные воздействия также нарушают нормальный режим работы энергетической системы. Подобные воздействия могут послужить причиной изменения динамической устойчивости, что, в свою очередь, будет сопровождаться изменением частоты, а так же может привести к резким колебаниям напряжения и переходу некоторых генераторов, входящих в систему энергоснабжения, в асинхронный режим работы.

Схема, для которой строится модель, приведена на рис. 1.

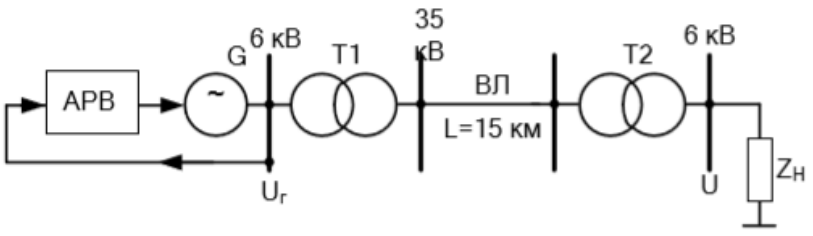


Рис. 1. Однолинейная схема генератора с АРВ, работающего на статическую нагрузку

Схема замещения представлена на рис. 2.

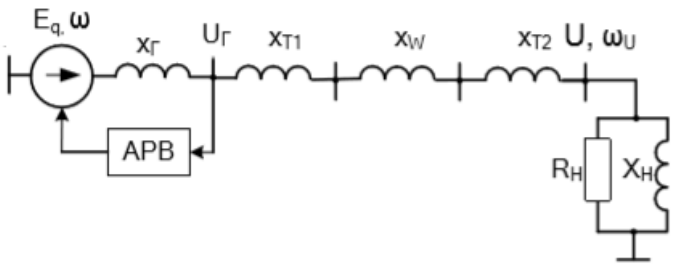


Рис. 2. Схема замещения генератора с АРВ, работающего на статическую нагрузку

Математическая модель представляет собой систему уравнений из уравнений квазистационарных режимов СМ на основе уравнений Парка-Горева, уравнений напряжения и частоты в узле подключения нагрузки и уравнений напряжения на зажимах генератора. В результате получаем следующую систему уравнений:

$$
\begin{cases}
\dfrac{T_J}{\omega_\delta}\dfrac{d\omega}{dt} + M = M_T \\
\dfrac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_u \\
M = \dfrac{E_q I_q}{\omega} = f(E_q, I_q, \omega) \\
M_T = W_{APC}(P)\omega = f(\omega) \\
E_q = i_B K_H \omega = f(i_B, \omega) \\
i_B = W_B(P)U_B + W_d(P)I_d = f(U_B, I_d) \\
I_d = \dfrac{E_q}{\omega x_{d\Sigma 0}} - \dfrac{U}{\omega_u x_{d\Sigma 0}}\cos\delta = f(E_q, \omega, \delta, U, \omega_u) \\
I_q = \dfrac{U}{\omega_u x_{d\Sigma 0}}\sin\delta = f(U, \delta, \omega_u) \\
U = \dfrac{E_q R_H}{\omega x_{d\Sigma 0}}\sin\delta = f(E_q, \delta, \omega) \\
\omega_u = R_H tg\delta \dfrac{x_{H0} x_{d\Sigma 0}}{x_{H0} + x_{d\Sigma 0}} \\
U_\Gamma = \sqrt{(E_q - I_d x_{d\Sigma 0}\omega)^2 + \left(U\sin\delta\dfrac{x_{d0}}{x_{d\Sigma 0}}\right)^2} = f(E_q, I_d, \delta, \omega, U)
\end{cases}
$$

Теоретический анализ устойчивости электроэнергетических систем является громоздким и сложным процессом. Структурное моделирование позволяет упростить его при помощи создания структурных моделей и схем энергосистем наиболее приближенных к реальным системам. Они дают возможность выделить объект регулирования, регулятор, а также обратные связи как внутренние, так и внешние. Кроме того, структурные схемы выявляют ряд общих черт, которые малозаметны при описании в виде математической модели. Использование структурных схем для анализа переходных процессов целесообразно и по причине большого количества наработок программного продукта для структурного анализа процессов, автоматически регулируемых технических систем.

1. Алюнов, А.Н. Анализ режимов короткого замыкания: лабораторный практикум по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / А.Н. Алюнов, В.А. Бабарушкин, О.С. Вяткина. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 48 с.
2. Алюнов, А.Н. Анализ статической устойчивости электроэнергетических систем: лабораторный практикум / сост.: А.Н. Алюнов, А.А. Кушнерев. – Вологда: ВоГУ, 2015. – 71 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А.М. Голицын
Научный руководитель ***О.С. Вяткина,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

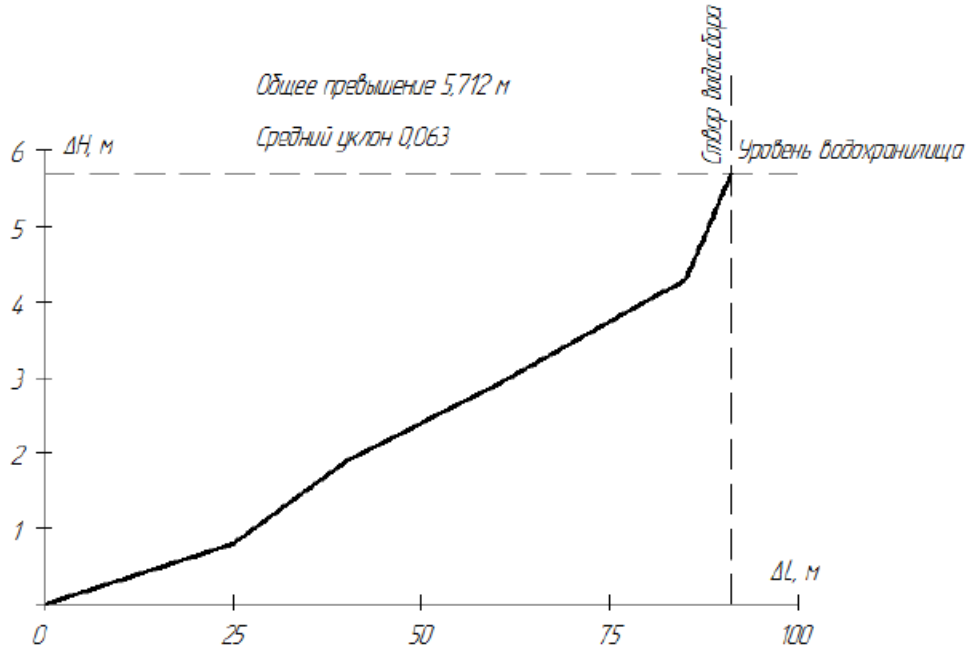
Одним из важных направлений энергетики России является развитие малой распределенной энергетики на основе локальных систем электроснабжения с генерацией вблизи потребителей.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволит решить проблемы надежного электроснабжения отдаленных, труднодоступных регионов, обеспечить экономию углеводородного топлива, а также снизить объем вредных выбросов в окружающую среду. Особенностью практического использования ВИЭ является более низкая стоимость получаемой электроэнергии по сравнению с традиционными источниками.

В качестве примера исследования рассматривается применение мини ГЭС для электроснабжения удаленных от общей сети потребителей на территории Вологодской области.

В качестве перспективного района возьмем Вытегорский район, деревню Белый Ручей. Этот район интересен тем, что местная река – Белый Ручей, имеет плотину в приустьевом участке, расположенную на месте порожистого участка естественного русла. Это говорит о том, что в водоёме уже существует природный энергетический запас (не требуется построения искусственной плотины, следовательно не придется менять ландшафт и рельеф реки при установки электростанции) [1].

На рисунке показан уклон реки Белый Ручей.



ΔL, расстояния от условного "0", м	ΔH, превышения над условным "0", м	i, уклоны на участках
25	0,832	0,033
40	1,883	0,070
60	2,961	0,054
85,5	4,256	0,051
91,3	5,712	0,251

Рис. Уклон реки Белый Ручей

Средний уклон равнинных рек равен 0,07 промилле. Средний уклон реки Белый Ручей равен 0,094 промилле. Из этого можно сделать вывод, что река имеет более быстрое течение по сравнению с другими реками, что положительно скажется на работе ГЭС.

Плюсы электроснабжения потребителя от автономного генератора:

1. Независимость от внешней сети.
2. Дешевая электроэнергия.
3. Бесконечный энергетический запас (поток воды зависит только от времени года).
4. Экологически чистое производство энергии.
5. Простота эксплуатации.

В качестве гидрогенератора примем Мини-ГЭС 50 кВт фирмы «Сальмабаш» [2]. Компания располагается в г. Санкт-Петербурге и специализируется на производстве ветрогенераторов и гидрогенераторов.

В таблице ниже представлены характеристики генератора.

Таблица

Технические характеристики мини-ГЭС 50 кВт

Напор (нетто), м		4-10	6-12
Расход воды, $м^3$ /сек		0,4-0,9	0,55-1,0
Вырабатываемая мощность, кВт		до 50	
Частота вращения, об/мин		750	1000
Напряжение, В		230 / 400	
Частота тока, Гц.		50 ± 2	
Число фаз, шт		3	
Масса, кг	- энергоблока	1400-2000	
	- блока балластной нагрузки	85/190	
	- устройства автоматического регулирования	200	
Стоимость мини-ГЭС 50 кВт (тыс. руб.)		3000	

Рассчитаем примерный срок окупаемости данного проекта. Тариф на электроэнергию в сельской местности на 2017 год составляет t= 2,97 руб. за кВт. Предположим, что суммарная нагрузка деревни на протяжении всего года остаётся постоянной и равна 50 кВт. Исходя из этого можно рассчитать годовые затраты на электроэнергию:

$$W = P \cdot 8760, \text{ кВт·ч},$$

$W = 50 \cdot 8760 = 438000$ (кВт·ч);

$$З = W \cdot t, \text{ руб.},$$

$З = 438000 \cdot 2{,}97 = 1300860$ (руб.).

Без учета затрат на пуско-наладочные работы и затрат на транспортировку, стоимость генератора будет равна 3000000 руб.

Установив мини ГЭС и став независимой от внешней сети, каждый год деревня будет экономить 1300860 рублей.

Срок окупаемости равен:

$$Т = \frac{3000000}{1300860} = 2{,}3 \text{ (года)}.$$

Проект окупается достаточно быстро.

1. Филенко, Р.А. Воды Вологодской области. Л., изд-во ЛГУ, 1966.–132с.
2. Сальмабаш [Электронный ресукрс]: официальный сайт – http://mahaon-energy.ru/mini-gidroelektrostantsiya-10-15-30-50-kvt .

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СЕПАРАЦИИ И ПЕРЕГРЕВА ПАРА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Е.Ю. Горяев, М.Ю. Егоров
Научный руководитель ***В.В. Сергеев,*** *д-р техн. наук, профессор*
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург

Актуальность. Задача повышения надёжности и эффективности систем промежуточной сепарации и перегрева пара низкого давления обусловлена особенностями теплогидравлических процессов, проявившимися:

- в виде эрозионного и вибрационного износа элементов сепарационных устройств [1];
- в виде повышенной влажности пара после сепарационных устройств [2];
- в виде снижения температуры рабочего пара низкого давления [3];
- в виде неустойчивого течения конденсата греющего пара;
- в виде накопления сепарата на днищах, забросе отсепарированной влаги на трубки пароперегревателя, имеющие более высокую температуру.

Результат отмеченных эффектов – недовыработка электроэнергии из-за остановов, нарушение условий эксплуатации турбин. Для эксплуатации сепараторов-пароперегревателей характерны различия входных параметров между отдельными аппаратами, отдельными элементами и отдельными каналами, характеризуемые тепловыми и гидравлическими неравномерностями.

Цель работы – анализ направлений совершенствования конструкций оборудования систем промежуточной сепарации и перегрева пара для повышения эффективности теплогидравлических процессов и надёжности эксплуатации в составе турбоустановок АЭС.

Задача повышения надёжности и эффективности систем промежуточной сепарации и перегрева осложнена стремлением проектировщиков к максимальной компактности сепараторов-пароперегревателей.

Особенности течения сред, тепломассообмена недостаточно изучены. Они исследованы на маломасштабных моделях и не учитывают масштабного фактора, специфики геометрии систем и процессов сепарации и пароперегрева.

Анализ направлений повышения эффективности теплогидравлических процессов.

1. Особенности течения потоков влажного нагреваемого пара. Общей проблемой конструирования и расчёта сепарационной части является организация равномерного распределения потоков влаги и пара между сепарационными устройствами.

Другой проблемой является обеспечение устойчивого слива сепарата из сепараторов-пароперегревателей. Тракт эвакуации сепарата является одним из

звеньев общей системы отделения влаги от пара, её стекания вниз в сепарато-приёмные полости и беспрепятственного удаления в сепаратосборник. Если нарушается устойчивая работа этого тракта, т.е. в нём возникают колебания расхода, захват паровых включений, вскипание воды при падении давления, то ухудшается работа сепарационной части аппарата в целом. Кроме того, при неудовлетворительном удалении сепарата возможен контакт с перегревательными трубками, что в особенности характерно для аппаратов с верхним расположением сепарационной части. Размещение сепараторов в нижней части, примененное в аппаратах СПП-1000-1, существенно снизило повреждаемость сепараторов-пароперегревателей.

Подходы к решению задач о движении двухфазных дисперсных потоков разрабатывались В.А. Бариловичем; Л.И. Зайчиком, И.В. Деревичем. Для потоков, формирующихся во входной камере сепарационной части, важную роль играет образование жидкостных пленок и их последующее разрушение [4].

При проектировании использованы решения, полученные в гомогенном приближении. В связи со сложностью режимов течения двухфазного потока в сепарационной части целесообразно проведение дополнительного экспериментального исследования, как, например, делалось при разработке модернизированного варианта СПП-500-1 [5, 6].

Исследования влагоотделительных возможностей центробежных сепараторов. Эффективность отделения капель влаги и величины потерь давления – одни из основных характеристик центробежных сепараторов. Для их определения выполнено значительное количество исследований с помощью аналитических и экспериментальных методов.

Такие испытания обычно выполняются с помощью маломасштабных моделей. Несмотря на то, что можно достигнуть повышенной эффективности сепарации в модели, это не гарантирует такого же по величине уровня эффективности полноразмерного аппарата. Для обоснования результатов моделирования используют [7]:

- безразмерные критерии подобия потерь давления $Eu = CRe_g^a Re_l^b (\frac{\rho_l}{\rho_g})^p$,

где C, a, b и p получены из исследований модели;

- критический диаметр капель, (рис.), $d = \left\{B\left[1 - (\frac{r^0}{R_0})^{2/7}\right]^7\right\}^{1/8}$,

где B – параметр разбиения капель.

Изучение влияния геометрии с учётом законов масштабирования показало, что общая эффективность сепарации в центробежных сепараторах связана с параметром B. При одинаковом его значении для модели и натурного аппарата распределение размеров капель и общее их количество в маломасштабных моделях совпадает таковыми в полноразмерном аппарате. На эффективность сепарации влияют капли малого размера, особенно, когда средний их

диаметр меньше критического. Для таких капель при малых числах Re общая эффективность сепарации мала и чувствительна к распределению капель.

2. Интенсификация теплообмена в пароперегревателях. Кроме модернизации сепарационной части [5] необходимо повышение эффективности пароперегревателей. Ранее считалось, что наиболее эффективны для использования в пароперегревателях поперечно обтекаемые пучки из низкоребристых труб с высотой ребра 1,5-4 мм [8], используемые зарубежными фирмами: Westinghouse Electric, General Electric, Stein Industrie, Sulzer.

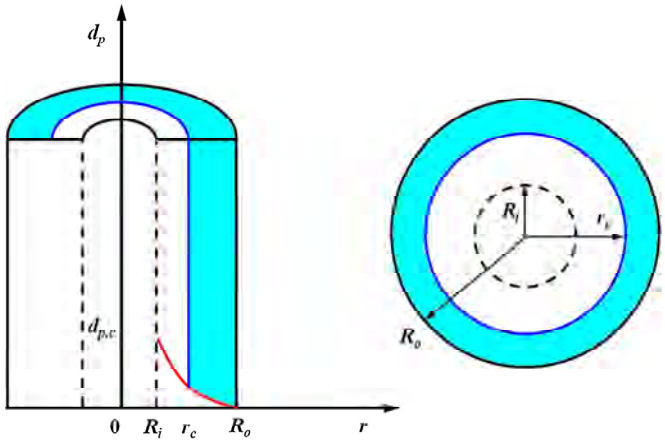


Рис. Диаграмма критического диаметра капель [7]

Но модернизация перегревателей, в которых используется продольное обтекание на базе использования подобных труб, требует переделки аппаратов. Поэтому рассмотрим другие подходы к интенсификации теплоотдачи [9].

Модернизация должна быть технически простота в реализации и обеспечивать минимальный рост гидросопротивления. Значительная интенсификация теплоотдачи не требуется, т.к. конечная температура перегретого пара низкого давления уже достаточно близка к температуре греющего острого пара. Это диктует новую задачу совершенствования пароперегревателей – снижение неравномерности расходов греющего пара.

Учитывая требование к интенсификации, целесообразно использование олунённых труб, обеспечивающих опережающий рост теплоотдачи по сравнению с сопротивлением [10].

3. Выравнивание расходов греющего пара. Наиболее сильно неравномерность расходов греющего пара проявляется в первой ступени пароперегревателя. Для ее снижения предлагается использовать дросселирование подводящих трубопроводов.

Выводы. 1. Анализ эксплуатации сепараторов-пароперегревателей выявил особенности рабочего процесса, влияющие на эффективность и надёжность системы сепарации и перегрева. Их возможности по интенсификации и улучшению теплогидравлических характеристик использованы не полностью.

2. Проанализированы особенности теплогидравлических процессов в системах промежуточной сепарации и перегрева пара; последствия, проявив-

шиеся в ходе длительной эксплуатации, возникающие из-за неучёта этих особенностей.

3. Рассмотрены пути проектного совершенствования конструкций, приводящие к улучшению теплогидравлических процессов всего аппарата и его элементов.

4. Предложена интенсификация теплообмена со стороны нагреваемого пара путём внедрения новых типов поверхностей (низкое оребрение при поперечном обтекании) и с сохранением конструктивной схемы компоновки (олунение).

5. В нормативные материалы требуется включить требования, исключающие заброс влаги в перегреватель, пульсации расхода переохлаждённого конденсата.

6. По нагреваемому пару необходимо выравнивание поля скоростей во входной камере, сепарационным устройствам, линиям отвода сепарата.

7. По греющему пару требуется выравнивание расхода по пароперегревателю.

8. Верхнее расположение сепаратора нежелательно для исключения контакта сепарата с трубами подвода и отвода греющего пара.

1. Kolev N.I. Multiphase flow dynamics 5: nuclear thermal hydraulics. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 886 p.

2. Егоров М.Ю., Федорович Е.Д. Совершенствование системы промежуточной сепарации и перегрева влажнопаровых турбин АЭС: анализ теплогидравлических процессов в конструкциях сепараторов-пароперегревателей на основе опыта эксплуатации. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2007. – № 37. – С. 339-350.

3. Егоров М.Ю., Соколов К.В., Блинов М.А. Результаты модернизации сепараторов-пароперегревателей турбоустановок на четвертом блоке Ленинградской АЭС. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2011. – № 3. – С. 263.

4. Барилович В.А. Основы термогазодинамики двухфазных потоков и их численное решение. СПб.: Изд. Политехнического университета, 2009. – 425 с.

5. Gotovskii M.A., Fokin B.S., Belenkii M.Ya., Lebedev M.E., Blinov M.A., Egorov M.Yu. Results from tests of modernized moisture separator-reheater of K-500-65/3000 turbine plants of the power unit no. 4 at the Leningrad nuclear power plants (NPP). Thermal Engineering, 2012. – T. 59. – № 2. – P. 113-118.

6. Егоров М.Ю. Повышение надёжности сепараторов-пароперегревателей турбин АЭС на основе расчётно-экспериментального моделирования. Материалы Одиннадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». СПб.: Изд. Политехнического университета, 2017. – С. 13-15.

7. Liu L., Bai B. Scaling laws for gas–liquid flow in swirl vane separators. Nuclear Engineering and Design, 2016. – Т. 298. – P. 229-239.

8. Денисов К.Н., Егоров М.Ю., Федорович Е.Д., Готовский М.А. Совершенствование конструкций СПП АЭС на основе результатов теоретических и стендовых исследований и опыта эксплуатации. Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену, 2014. – С. 152-155.

9. Аксенов П.Л., Егоров М.Ю. Интенсификация теплообмена в оборудовании АЭС. В сборнике «Неделя Науки СПбПУ». Материалы научной конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. СПб.: Изд. Политехнического университета, 2016. – Ч. 1. – С. 82-84.

10. Беленький М.Я., Готовский М.А., Фокин Б.С. Теплоотдача и сопротивление при течении в круглой трубе с интенсификацией регулярной системой сферических лунок и сферических выступов. Труды ЦКТИ, 2004. – Вып. 293. – С. 36-48.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЮДЖЕТНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

А.А. Жиганов
Научный руководитель ***Г.А. Кичигина,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 28.08.2015 №898 закупка люминесцентных светильников для обеспечения государственных и муниципальных нужд запрещена. Альтернативным способом является установка светодиодных светильников.[1]

В целях оптимизации потребления электроэнергии освещением в бюджетных образовательных учреждениях был проведен многофакторный эксперимент, в ходе которого исследовалась зависимость освещенности, E помещения от мощности, P и высоты подвеса, h светильников.

Из-за сложности проведения эксперимента в реальных условиях в программе Dialux была построена модель исследуемого помещения, изображенная на рис. 1 и 2.

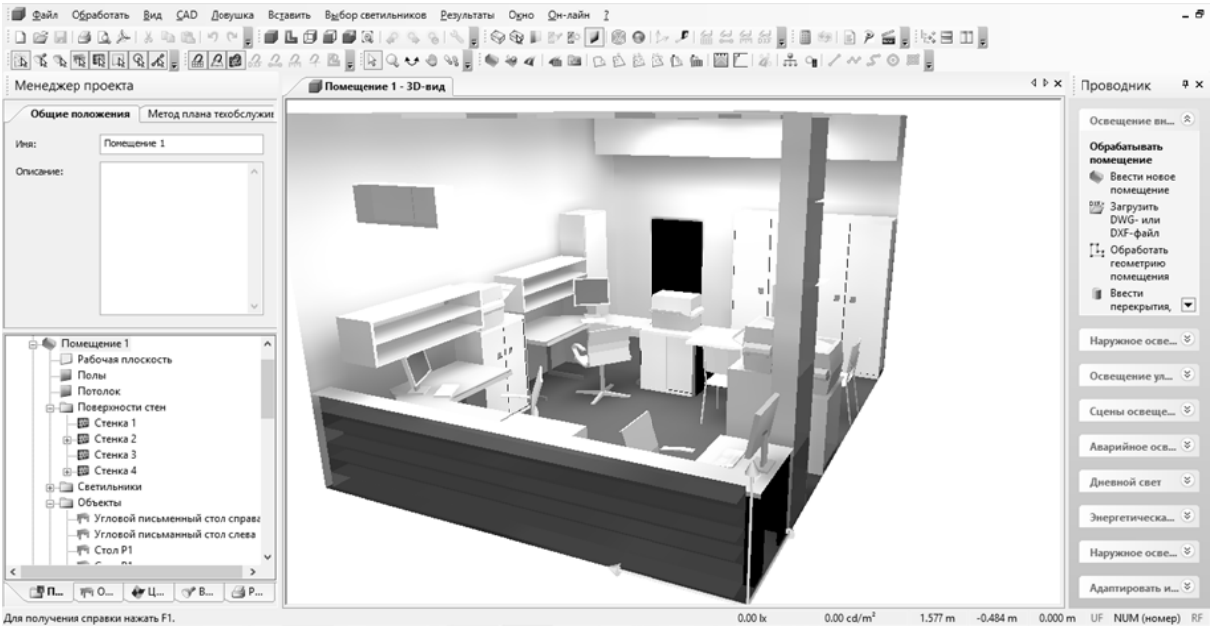


Рис. 1. Модель исследуемого помещения в программе Dialux

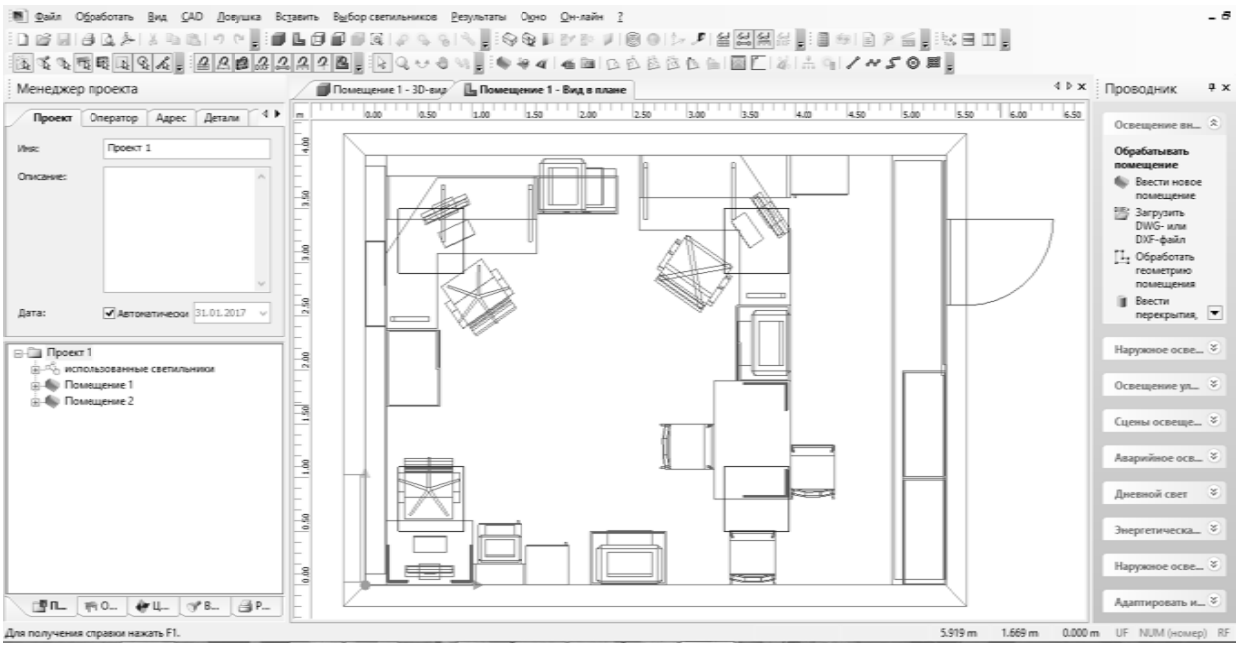


Рис. 2. Вид сверху исследуемого помещения

Результаты исследований сведены в таблицу.

Таблица

Результаты многофакторного эксперимента

№ п/п	P, Вт	h, м	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	E, лк
1	216	3,2	+1	+1	+1	387
2	180	3,2	0	+1	0	312
3	144	3,2	-1	+1	-1	239
4	216	2,9	+1	0	0	412
5	180	2,9	0	0	0	333
6	144	2,9	-1	0	0	253

Окончание табл.

№ п/п	P, Вт	h, м	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	E, лк
7	216	2,6	+1	-1	-1	444
8	180	2,6	0	-1	0	361
9	144	2,6	-1	-1	+1	271

По данным таблицы были определены коэффициенты регрессии и построено уравнение регрессии функции отклика E в кодированном виде:

$$E = 335 + 53 \cdot x1 - 15 \cdot x2 - 3 \cdot x1 \cdot x2. \quad (1)$$

Заменив значения x_1 и x_2 в уравнении (1) на натуральные величины P и h, получили:

$$E = 69{,}717 + 2{,}28 \cdot P - 0{,}05 \cdot h - 0.278 \cdot P \cdot h. \quad (2)$$

Поверхность отклика выглядит следующим образом:

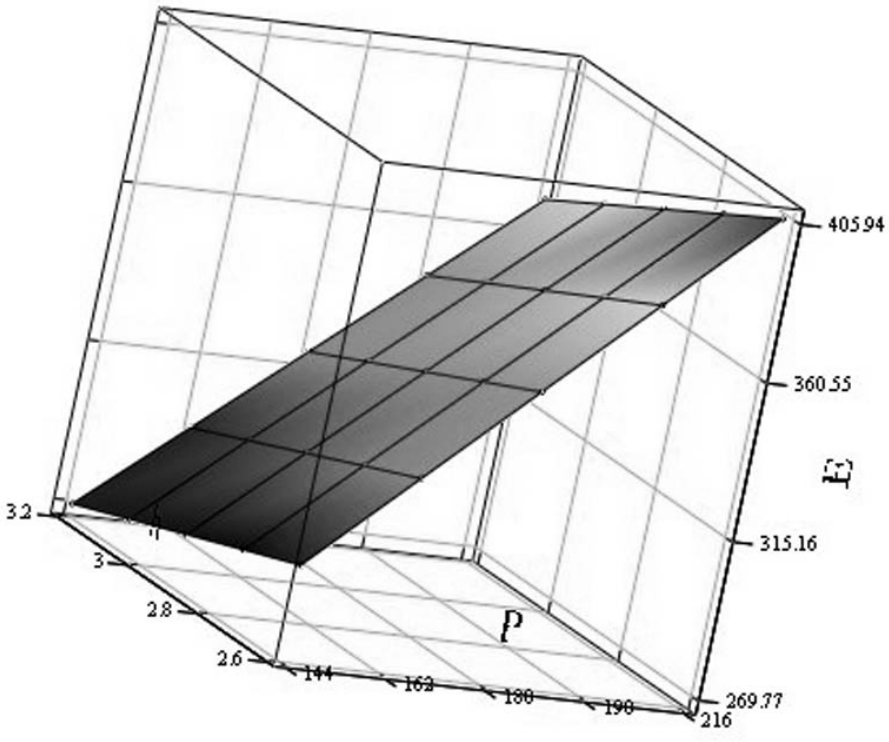


Рис. 3. Поверхность отклика зависимости освещенности от мощности и высоты подвеса светильников

Таким образом, получена математическая зависимость освещенности от мощности светильника и высоты его подвеса. На основании данной зависимости и графика поверхности отклика необходимо подобрать оптимальные значения данных параметров.

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 августа 2015г. №898 «О внесении изменений в пункт 7 правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

2. Научная и исследовательская работа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://manyfactors.ru

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ В ПРОГРАММЕ ZYM

Е.Ю. Иванов, А.А. Логинов
Научный руководитель ***В.Е. Мещеряков,*** *старший преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В связи с широким внедрением микропроцессорных устройств для выполнения технологических процессов на электрических станциях и подстанциях (ПС) большую актуальность приобретают вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС). На всех объектах электротехнического характера, находящихся в собственности ПАО «ФСК ЕЭС», должны выполняться требования отраслевых стандартов [1,2]. Программа ZYM разработана на кафедре электротехники Вологодского государственного университета и является AutoCAD приложением по расчету ЭМС.

Для расчета ЭМС в программе ZYM, необходимо построить трехмерную расчетную модель в программе AutoCAD, на которой отображается сетка заземляющего устройства (ЗУ), система молниезащиты (МЗ), кабельные трассы, шина уравнивания потенциалов (ШУП) и т.д.

Расчет заземляющего устройства. ЗУ должно удовлетворять требованиям электробезопасности и ЭМС. ПУЭ регламентирует вести расчет ЗУ по сопротивлению или по напряжению прикосновения. В низкоомных грунтах экономически целесообразно вести расчет по сопротивлению ЗУ, однако, при высоких токах КЗ будет высокое напряжение прикосновения. В высокоомных грунтах и малой площади ПС выполнить ЗУ по сопротивлению является сложной задачей, с использованием выносного ЗУ и глубинных заземлителей. Для снижения потенциала ЗУ целесообразно использовать естественные заземлители: система «трос – опора», заземленный с двух сторон экран/броня силового кабеля и т.д.

Параметры грунта определяются на этапе геологических изысканий и по данным вертикального электрического зондирования. Количество слоев грунта в программе не ограничено [3]. Результаты расчета отображаются в виде 3D/2D чертежей с распределением потенциала по элементам ЗУ (рис. 1).

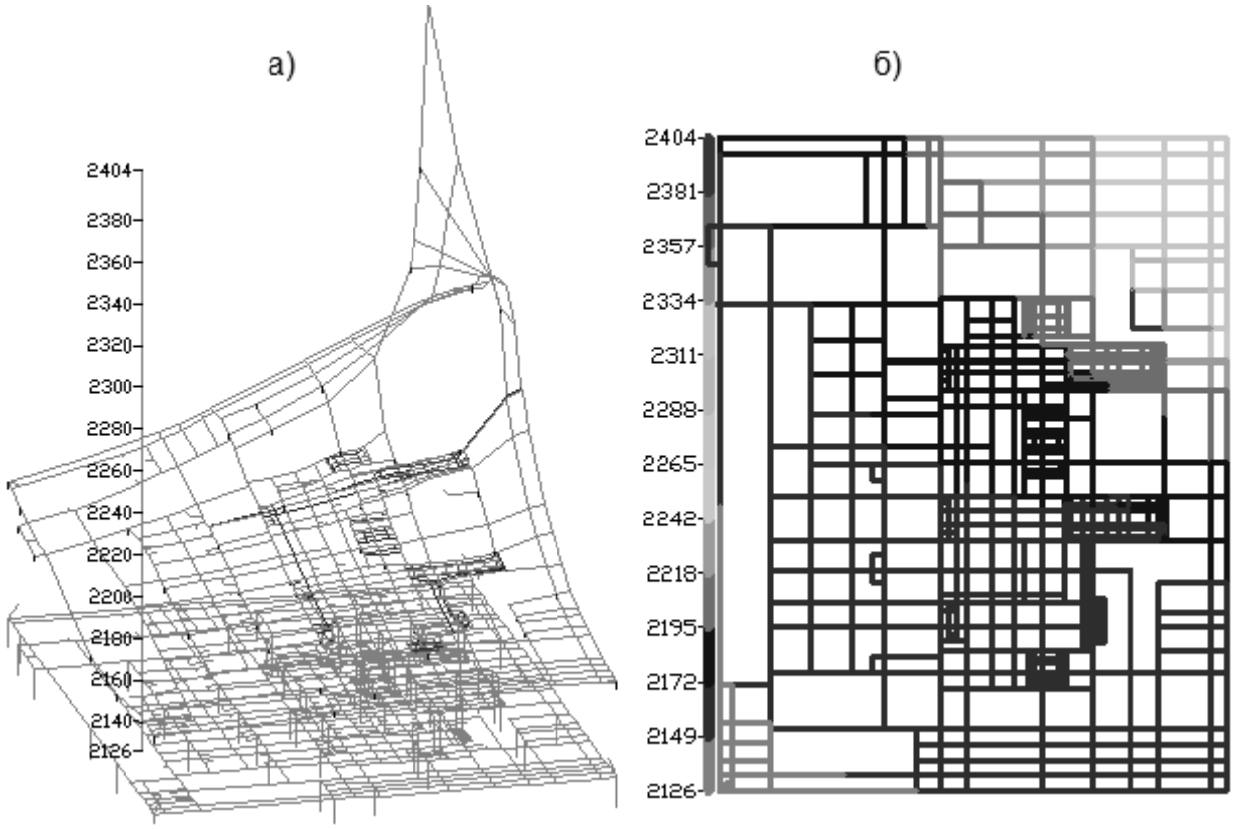


Рис. 1. Распределение потенциала по территории ЗУ:
а) трехмерное представление результата; б) двумерное

Молниезащита. В программе реализованы все действующие стандарты молниезащиты и метод наведенного заряда [4]. Отраслевой стандарт ФСК ЕЭС требует защищать ПС 110 кВ и выше с надежностью 0.99. При проектировании систем МЗ на ПС используют разновысокие молниеотводы (мачты освещения, концевые опоры с грозотросом, молниеприемник на тросостойке портала и т.д.) данная ситуация накладывает ограничение на использование стандарта СО 153-34.21.122-03. Для снятия ограничения можно воспользоваться методом «фиктивного молниеотвода», предложенным В.П. Ларионовым.

Расчет кондуктивных помех. Расчетные параметры тока молнии соответствуют требованиям [1], а именно: амплитуда тока молнии – 100 кА; время фронта – 10 мкс; время полуспада – 350 мкс.

Напряжение между наиболее удаленными узлами подключения вторичных цепей, которые с некоторым затуханием попадают на входы МП аппаратуры и приложено к изоляции вторичных цепей. Согласно [1] коэффициенты ослабления определяются экспериментально или расчетным путем. При вводе первого импульса тока молнии в вершину молниеотвода вначале находим напряжение между точками (концевыми) заземления экрана кабеля (напряжение экрана). Это напряжение было бы приложено к изоляции кабеля и входам МП аппаратуры без экранирования металлоконструкциями, ЗУ и экраном кабеля (исходная помеха). Кабель с двусторонним заземлением существенно снижает

помеху. Помеха на выходе равна $U_2=z_\tau \cdot l \cdot I_э$, z_τ – передаточное погонное сопротивление экран-жила кабеля, l – длина кабеля, $I_э$ – ток экрана. Передаточное сопротивление близко к погонному омическому сопротивлению и по данным измерений для кабеля типа КВВГЭ диаметром 10 мм может быть принято 0.02 Ом/м. Кабель большего диаметра имеет меньшее сопротивление, т.е. решение будет с запасом.

При коммутациях (через паразитные емкости оборудования на землю) и коротких замыканиях на землю через заземлитель протекает затухающий ток высокой частоты (ВЧ составляющая тока КЗ) $I_m e^{-\Delta t} \sin(\omega t)$, где Δ – декремент затухания, что вызывает подъем потенциала ЗУ, который с определенным коэффициентом ослабления передается на вход вторичного оборудования. Наихудший вариант имеет место, когда ввод высокочастотного тока производится на вход кабеля.

Таким образом, помеха пропорциональна току кабеля. Проводники внутреннего ЗУ шунтируют экран кабеля, существенно снижая ток экрана. Отсюда высокие коэффициенты экранирования и весьма малые помехи на выходе кабеля (рис. 2).

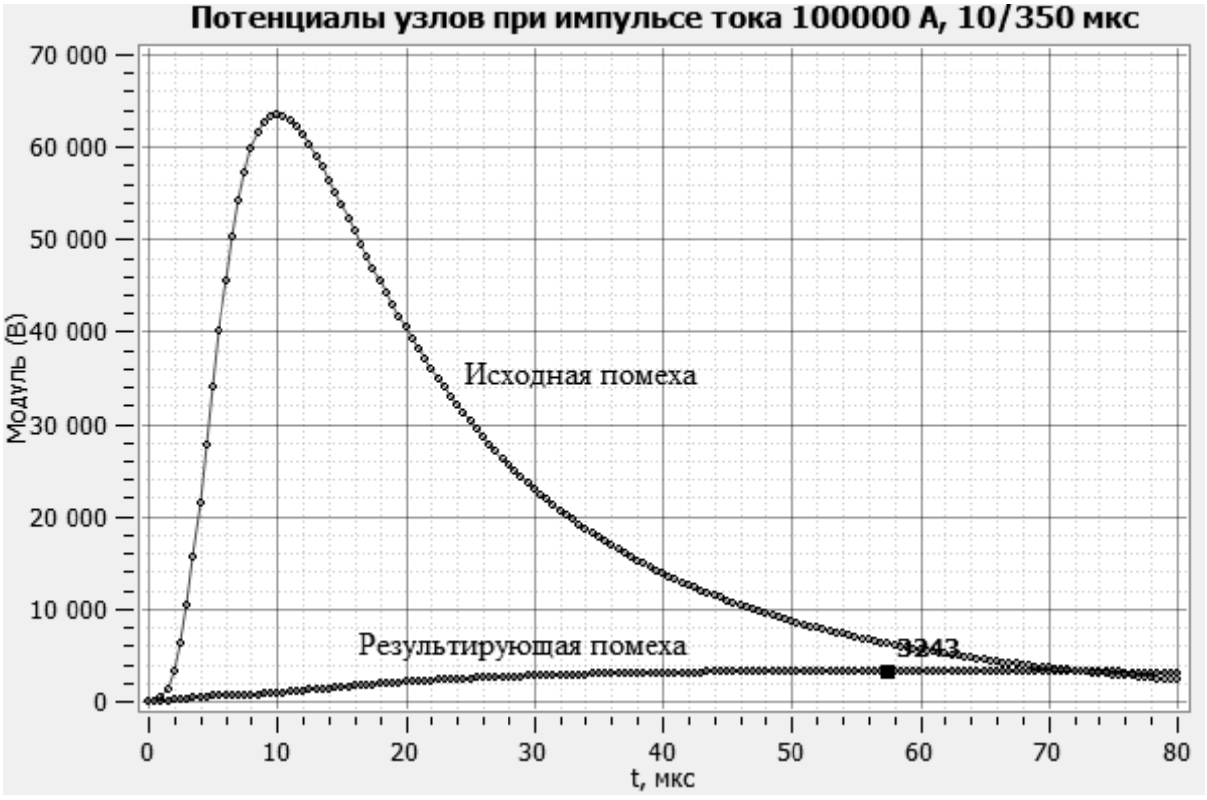


Рис. 2. Величина напряжения импульсной помехи «провод-земля»

Поскольку величина помехи пропорциональна току в экране, то необходимо увеличить расстояние по магистралям заземления между молниеприемником и точкой заземления экрана кабеля.

Расчет индуктивных помех. Отсек релейной защиты в ячейке КСО с выключателем 6-10 кВ находится в непосредственной близости от отсека сборных шин. Такое расположение является наихудшим условием при воздействии магнитного поля на МП аппаратуру при протекании тока КЗ в сети среднего напряжения. Обеспечить надежную защиту МП аппаратуры от магнитного поля в нормальном и кратковременном режиме работы обязан производитель ячеек КСО.

Максимальную импульсную помеху создает удар молнии в молниеотвод. Расчет магнитного поля при ударе молнии проводят на эквивалентной синусоиде с амплитудой 100 кА частотой 25 кГц. Ток молнии, протекая по токоспуску и ЗУ, создает сильное магнитное поле (рис.3). Эффективной мерой защиты является использование экранов. В качестве экрана могут выступать стенки панелей шкафов и стены «сэндвич-панелей» модульных зданий ОПУ и ЗРУ.

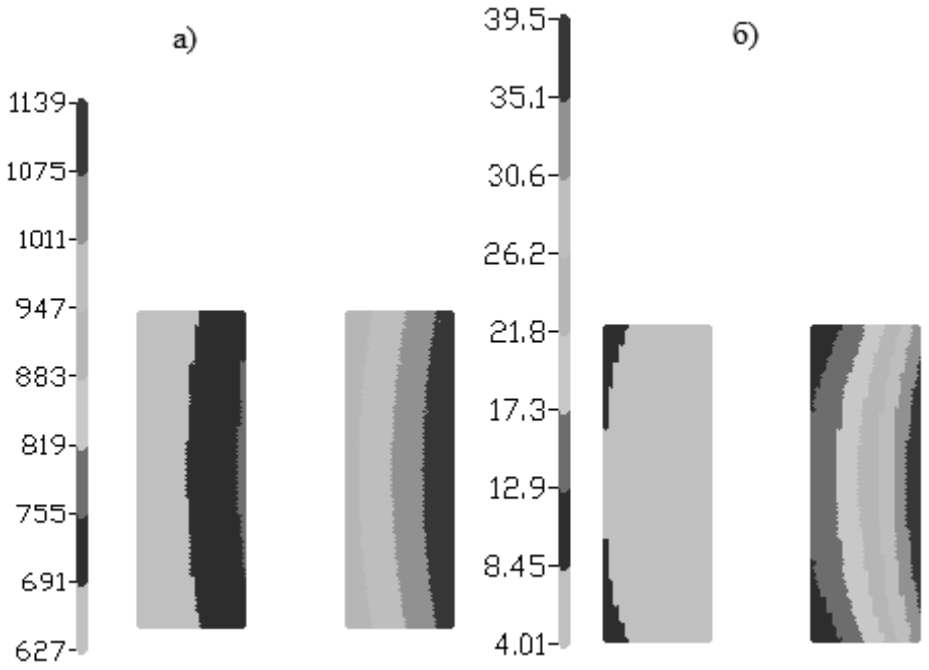


Рис. 3. Распределение модуля напряженности магнитного поля в релейном зале при ударе молнии с током 100 кА частотой 25 кГц: а) без экрана; б) с экраном

На закрытых ПС, при установке молниеприемников на кровле, снизить магнитное поле является сложной задачей. Решение данной проблемы заключается в рациональном использовании токоспусков с обеспечением растекания тока в разные стороны, а также отвод тока от мест расположения аппаратуры управления.

Наличие оконных проемов снижает эффективность электромагнитного экрана. Расчетами установлено, что влиянием проемов можно пренебречь на расстоянии $2 \cdot D$, где D – диагональ проема. В противном случае окно необходимо закрыть специальным ЭМС-стеклом.

Вывод. Расчеты выявили уязвимые аспекты в определении электромагнитной обстановки на объекте. Дальнейшее исследование вопроса будет выполнено на экспериментальной базе ВоГУ. Программа ZYM является мощным инструментом в работе проектировщика.

1. СТО 56947007-29.240.044-2010. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.

2. СТО 56947007-29.240.043-2010. Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов.

3. Шишигин, С.Л. Математические модели и методы расчета заземляющих устройств / С.Л. Шишигин // Электричество, 2010. – №1. – С.16-23.

4. Шишигин, С.Л. Расчет зон защиты стержневых молниеотводов методом наведенного заряда / С.Л. Шишигин, В.Е. Мещеряков, Д.С. Шишигин // Электричество, 2015. – №8. – С. 4-9.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

А.М. Корчажинская
Научный руководитель ***М.Ф. Умаров,*** *д-р физ.-мат. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одним из направлений научно-технического прогресса является совершенствование уже существующих и создание новых средств измерений, к примеру, медицинских измерительных преобразователей (МИП). Дальнейшее развитие исследований в медицине, борьба с болезнями, охрана окружающей среды и здоровья человека, при которых условия измерений становятся все более сложными, необходимо создание инновационных средств измерений, в первую очередь измерительных первичных преобразователей.

Существует большое разнообразие измерительных преобразователей по принципу действия и конструктивному исполнению. Повышаются требования к их точности, чувствительности, быстродействию. Точность многих средств измерений зачастую определяется точностью именно первичных преобразователей, поскольку вторичные средства измерений достаточно совершенны. В связи с этим изучение данного направления является актуальной.

Целью настоящей работы является повышение эффективности измерительных преобразователей биомедицинских сигналов за счет совершенствования существующих преобразователей. Для достижения поставленной цели определены следующие основные задачи данной работы:

1. Анализ проблем, возникающие при разработке электронной аппаратуры для медицины.

2. Разработка методик получения и накопления биомедицинских данных и их фильтрации.

3. Разработка системы независимого питания и связи измерительных преобразователей.

4. Способ миниатюризации размеров и возможности ношения данных устройств на теле пациента.

5. Моделирования электрической схемы адаптивного фильтра нижних частот с реальными параметрами измерительных величин с помощью программы MicroCap.

Задача на уровне получения и сохранения данных следует из ряда требований, характерных для систем данного типа. Целевой диапазон частот включает в себя частоту в 50 Гц, используемую линиями питания. Это представляет собой значительную проблему на различных уровнях. К проектированию источников питания для этих приборов требуется подходить с особым вниманием, так как напряжение постоянного тока получается из напряжения переменного тока частотой 50 Гц. Амплитуда этой переменной составляющей легко может оказаться больше амплитуды сигнала измерения, и тогда минимальная амплитуда сигнала, которая может быть измерена, будет более высокой. Чтобы избежать этого, необходимо подойти к разработке источника питания с особым вниманием или использовать в качестве источника питания батарею. Поскольку многие разрабатываемые системы предназначены для применения и на поверхности и внутри организма, использование батареи решает многие из этих проблем. Однако при измерении биопотенциалов даже при использовании батареи в качестве источника питания приведет к возникновению помех, так как напряжение помехи того же порядка, что и биопотенциалы. Одно из возможных решений данной проблемы состоит в том, чтобы использовать режекторный фильтр для подавления этой составляющей. Однако это также представляет собой проблему потому, что у таких фильтров должен быть очень высокий фактор добротности, чтобы удалить только составляющие с частотой в 50 Гц, потому что целевые компоненты сигнала также находятся в области этой частоты и также, будут ослабляться. Ослабление порядка в 30-40 дБ достаточно для большинства устройств, хотя некоторые могут пользоваться значениями до 70-80 дБ. Однако такое высокое значение ослабления создает новую задачу, заключающуюся именно в том, как получить такие приборы с очень низким шумовым эффектом (порядка 1 мВ).

Другая проблема, возникающая во время получения биомедицинского сигнала, связана с собственной активностью субъекта, у которой есть частотные компоненты в диапазоне целевых частот, представляя так называемые динамические помехи. Так как эти медленные компоненты входят в целевой диапазон, они не могут быть просто удалены при стандартном фильтровании

низко- и высокочастотных сигналов. Для того чтобы удалить эти компоненты, необходимо использовать адаптивный фильтр. На рис. 1 представлена общая структурная схема адаптивного фильтра.

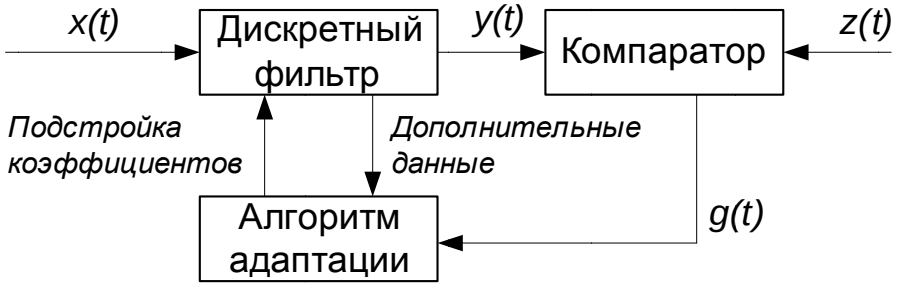


Рис. 1. Общая структурная схема адаптивного фильтра

Входной сигнал *x(t)* обрабатывается дискретным фильтром, в результате чего появляется выходной сигнал *y(t)*. Этот выходной сигнал сравнивается в компараторе с эталонным сигналом *z(t)*. Разность между ними образует сигнал ошибки *g(t)*. Задача адаптивного фильтра – минимизировать ошибку воспроизведения эталонного сигнала. С этой целью блок адаптации после обработки каждого отсчета анализирует сигнал ошибки и дополнительные данные, поступающие из дискретного фильтра, используя результаты этого анализа для подстройки параметров фильтра.

Для подтверждения теоретических выкладок, на практике смоделирована в программе MicroCap электрическая схема адаптивного фильтра нижних частот (рис. 2) с реальными параметрами измерительных величин.

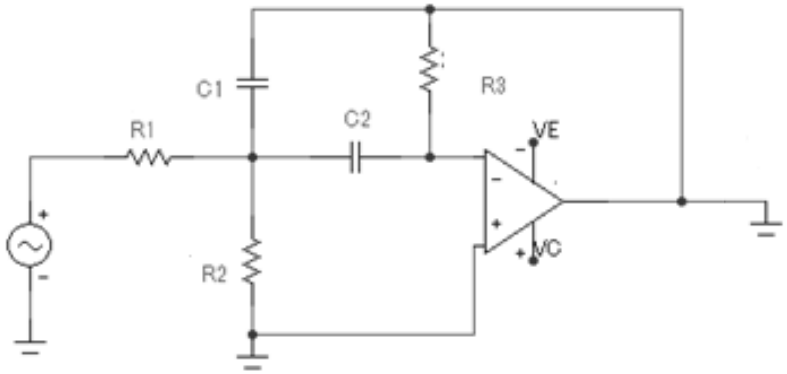


Рис.2. Электрическая схема адаптивного фильтра нижних частот

При подаче на вход напряжения номиналом в 1В получаем следующие АЧХ и ФЧХ, показанные на рис. 3.

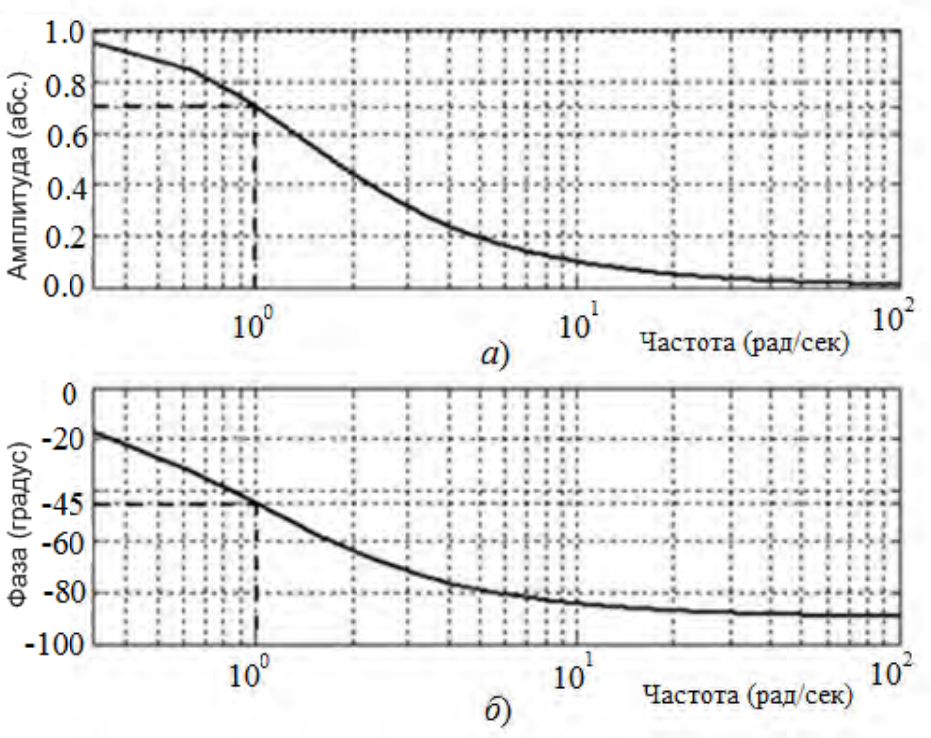
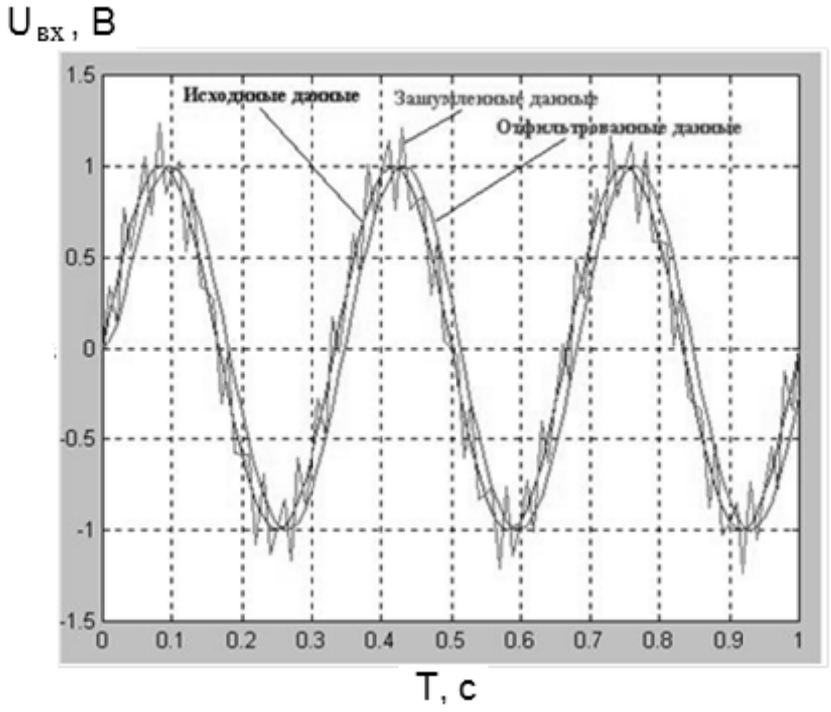
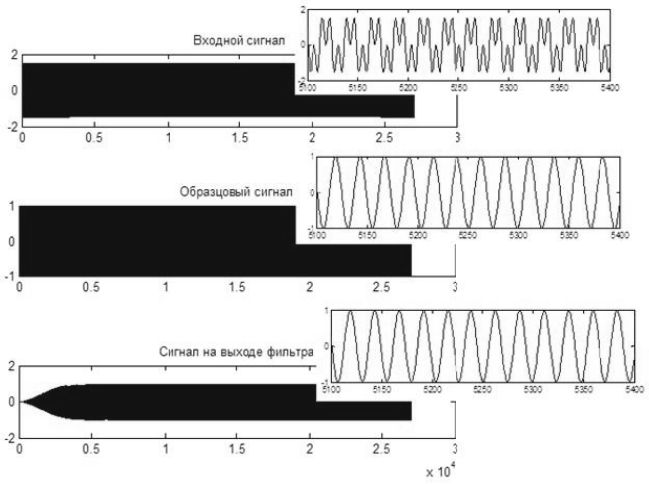


Рис. 3. Зависимость АЧХ (а) и ФЧХ (б) адаптивного фильтра

Также рассмотрена фильтрация с помощью адаптивного фильтра, показанная на рис. 4.



а)



б)

Рис. 4. Фильтрация с помощью адаптивного фильтра
(а – удаление шумового эффекта; б – сглаживание сигнала)

Как следует из рис. 4 на выходе адаптивного фильтра происходит «сглаживание» сигнала, то есть удаление всевозможных помех. Удаление шумового эффекта хорошо видно на представленных выше диаграммах.

Можно сказать, что практическое моделирование прохождения биосигнала через преобразователь (фильтр) подтверждает теоретические выкладки, сделанные при первоначальном анализе проблемы.

Биосигналы обеспечивают интерфейс между человеческим телом и электронными системами, и они непосредственно связаны с физиологией и функцией органов и систем органов, и, следовательно, позволяют определить состояние здоровья субъекта посредством получения и контроля данных сигналов.

Электронная система используется для измерения физиологических сигналов. Такие сигналы могут быть электрическими или, в противном случае, они преобразуются в электрические сигналы посредством различных датчиков или преобразователей.

1. Федотов, А.А Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга / А.А. Федотов, С.А. Акулов – Москва: Радио и связь, 2013. – 250 с.

2. Корчажинская А.М., Умаров М.Ф. Эффективность измерительных преобразователей для контроля различных физиологических параметров // Сессия аспирантов и молодых ученых: материалы межрегиональной научной конференции X Ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых: в 4т. / М-во образ. И науки РФ; Вологод. гос. ун-т.– Вологда: ВоГУ, 2016. – Т.1. – С. 24-27.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ С ФЕРРОМАГНИТНЫМ ТИГЛЕМ

А.О. Кулешов, С.В. Ахметьянов
Научный руководитель ***М.А. Федин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
г. Москва

Индукционные тигельные печи (ИТП) с ферромагнитным тиглем (ФТ) применяют для выплавки высококачественных сплавов магния. Для плавки магния и его сплавов в тигельных печах рекомендуются использовать стальные тигли, так как они не вступают в химические соединения с магнием и его флюсами [1-2].

На рис. 1 показан эскиз системы «индуктор – загрузка» лабораторной печи для плавки магния мощностью 2,5 кВт с размерами. Загрузку ИТП с ФТ образуют стальной тигель и магний. Основная сложность расчета печи состоит в том, что электрические характеристики материала загрузки изменяются в зависимости от температуры t и напряженности магнитного поля H [3-4].

Так $\mu=\xi_1(H,t)$, $\rho = \xi_2(t)$, где μ – относительная магнитная проницаемость, ρ – удельное электрическое сопротивление, ξ_1, ξ_2 – функциональные зависимости. При температуре загрузки выше температуры плавления и $\delta_т/\Delta_{2т}\leq 1{,}3$, где $\Delta_{2т}$ – глубина проникновения электромагнитной волны в стенку тигля толщиной $\delta_т$, загрузку можно считать двухслойным телом. До температуры плавления загрузка представляет собой однослойное тело, поскольку магний в тигле находится в виде кусковой шихты, обладающей высоким электрическим сопротивлением. В связи с этим аналитически решить задачу довольно сложно, поэтому необходимо использовать численные методы.

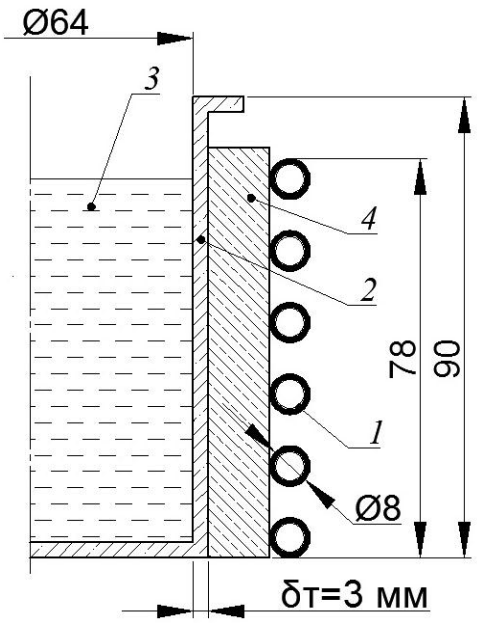


Рис. 1. Эскиз системы «индуктор-загрузка»:
1 – индуктор; 2 – тигель;
3 – жидкий металл; 4 – теплоизоляция

Для решения этой задачи разработана математическая модель с использованием метода конечных элементов в пакете *ELCUT*. На рис. 2 показана расчетная область, поделенная на конечные элементы. Модель позволяет, изменяя свойства блоков, проводить расчеты для случаев стального тигля без магния и тигля с металлом. На оси симметрии (граница 1 на рис. 2) задается граничное условие Неймана $dH/dr=0$ (отсутствие тангенциальной составляющей на-

пряженности магнитного поля), на внешних границах (границы 2,3,4) – нулевое граничное условие Дирихле (полагается равным нулю значение магнитного потенциала, т.е. поле локализовано в пределах расчетной области) [5].

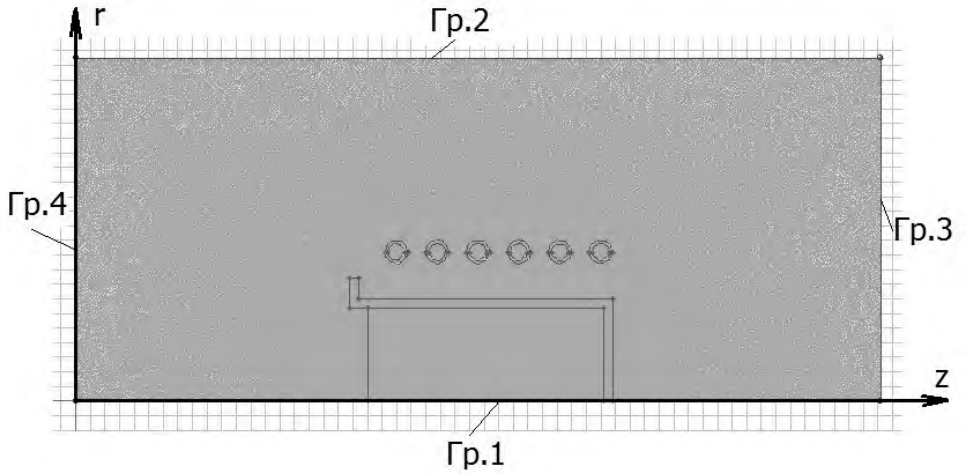


Рис. 2. Расчетная область в пакете ELCUT

В качестве примера на рис. 3*а* показаны зависимости активного сопротивления *R* и индуктивности *L* системы «индуктор – загрузка» от *t* при разных частотах *f*, полученные в *ELCUT* при токе индуктора I_1 = 50 А и среднем значении *H* на внешней поверхности тигля *H*=7,7 кА/м.

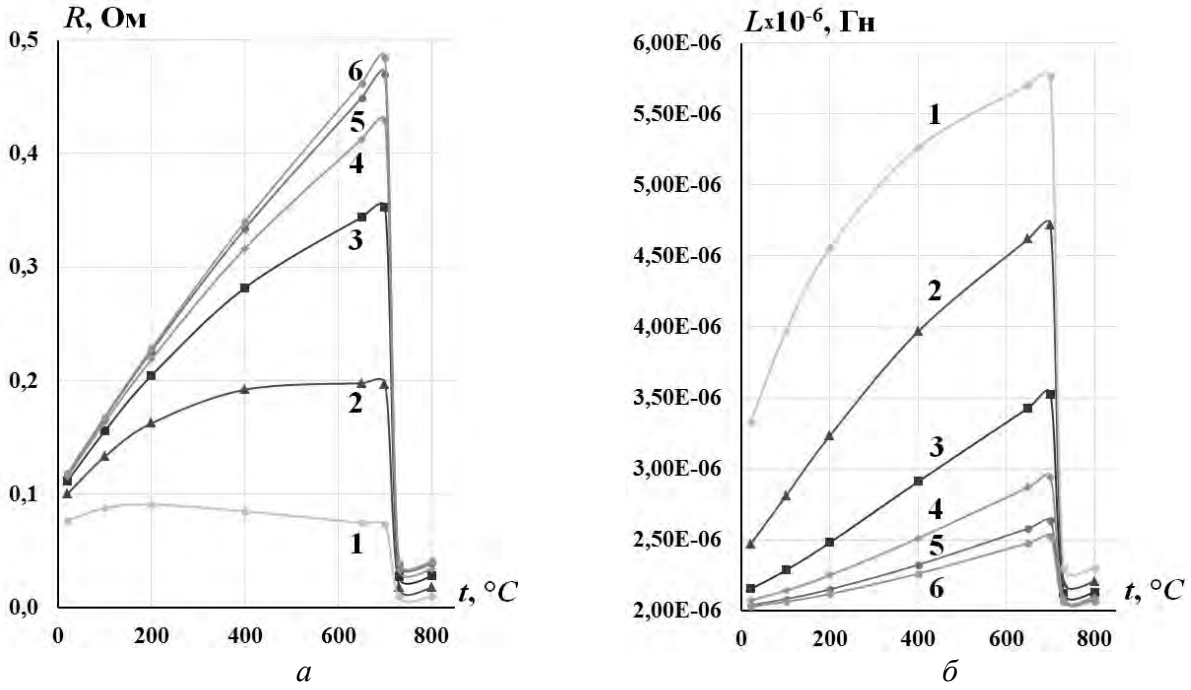


Рис. 3. Зависимости активного сопротивления R (а) и индуктивности L (б) от температуры t при токе I_1=50 А для следующих частот f: 1 – 10 кГц, 2 – 22 кГц, 3 – 44 кГц, 4 – 66 кГц, 5 – 88 кГц, 6 – 100 кГц

В ходе теоретического исследования было установлено, что после достижения точки Кюри, когда тигель теряет свои магнитные свойства, и магний становится расплавленным, происходит значительное снижение мощности тепловыделения в тигле при одинаковом токе индуктора и частоте из-за резкого снижения активного сопротивления *R*. Это объясняется тем, что после точки Кюри глубина проникновения в проводящий тигель существенно увеличивается, и загрузка становится двухслойной. Например, глубина проникновения электромагнитной волны (ЭМВ) в стенку тигля толщиной 3 мм на частоте тока индуктора 22 кГц составляет около 3,2 мм и поэтому это приводит к тому, что появляется обратная ЭМВ, отраженная от границы раздела сред с различными значениями ρ и μ, и снижется *R*.

Для проверки адекватности данных, полученных в результате теоретического исследования, проведен эксперимент на лабораторном стенде, функциональная схема которого приведена на рис. 4. Поскольку плавка магния в условиях учебной лаборатории опасна по причине окисления и воспламенения магния на открытом воздухе, было принято решение заменить его алюминием, схожим с магнием по электрофизическим и теплофизическим свойствам. Действительно, результаты электрического расчета в *ELCUT* для алюминия отличаются от расчета для магния не более чем на 0,25% (табл.). При проведении эксперимента были подготовлены стальной тигель из конструкционной стали и алюминиевые заготовки, имитирующие кусковую шихту в виде стержней (рис. 5). Результаты эксперимента и расчета приведены в таблице. Результаты эксперимента совпадают с результатами расчета с погрешностью не более 10%.

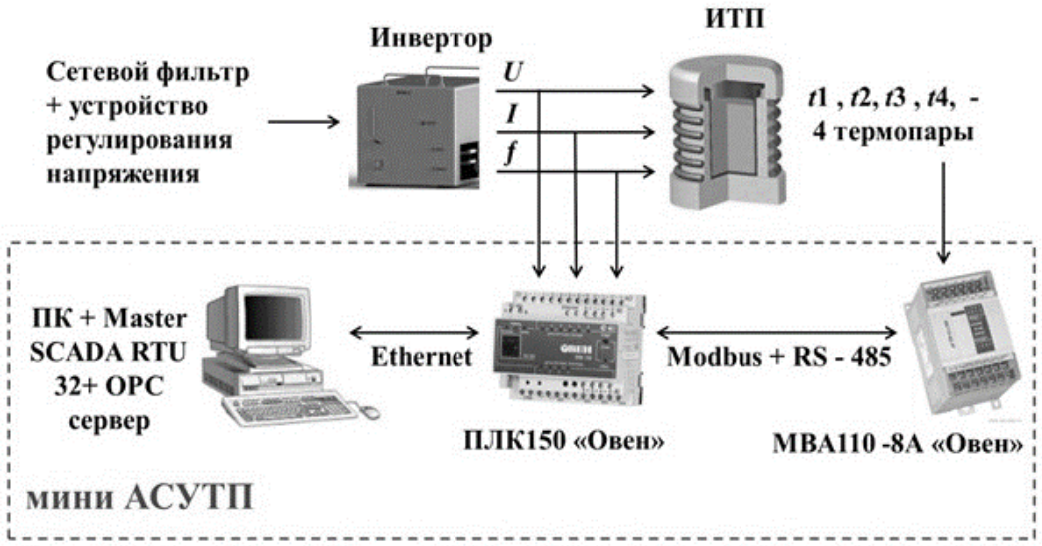


Рис. 4. Функциональная схема лабораторного стенда

Рис. 5. Подготовленные материалы для эксперимента и процесс плавки

Таблица

Сравнение результатов эксперимента и расчета

Параметр	Эксперимент для *Al*			Расчет в *ELCUT* для *Al*			Расчет в *ELCUT* для *Mg*		
Температура *t*, °*C*	27,3	400	700	27	400	700	27	400	700
Ток индуктора I_1, А	73,9	71,0	68,8	73,9	71,0	68,8	73,9	71,0	68,8
Напряжение индуктора U_1, В	22,5	25,2	25,4	26,1	38,4	42,0	26,1	38,5	42,1
Частота *f*, кГц	21,34	19,25	18,73	21,34	19,25	18,73	21,34	19,25	18,73
Мощность в загрузке *P*, Вт	581	902	857	542	870	764	542	871	765
cos φ	0,27	0,32	0,28	0,28	0,34	0,30	0,28	0,33	0,29

Выводы. 1. При неизменной частоте *f* активное сопротивление *R* увеличивается с ростом температуры до точки Кюри. При этом частота влияет на скорость роста активного сопротивления. При частоте *f*=10кГц активное сопротивление начинает снижаться при 200°С. При прохождении точки Кюри происходит резкое снижение сопротивления, например, для *f*=22 кГц в 10 раз.

2. При изменении частоты *f* с 10 кГц до 100 кГц, при одинаковой температуре, активное сопротивление растет. Например, для *t*=200 ºС на 0,14 Ом (в 2,5 раза).

3. При неизменной частоте *f* индуктивность *L* увеличивается с ростом температуры до точки Кюри. При этом частота влияет на скорость роста индуктивности (чем меньше частота, тем быстрее рост). При прохождении точки Кюри происходит резкое снижение индуктивности. Например, для частоты 22 кГц в 2,2 раза.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (инициативный научный проект 8.9608.2017/БЧ).

1. Фарбман С.А., Колобнев И.Ф. Индукционные печи для плавки металлов и сплавов. – Москва: Металлургиздат, 1958. – 704 с.

2. Установки индукционного нагрева / Под ред. А.Е. Слухоцкого. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 325 с.

3. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали [Текст] / А.Б. Кувалдин – М.: Энергоатомиздат,1988. – 200 с.

4. А. М. Вайнберг. Индукционные плавильные печи. – М. – Л.: Государственное энергетическое издательство, 1960. – 456 с.

5. Федин М.А., Кувалдин А.Б., Кулешов А.О., Ахметьянов С.В. Расчет электрических характеристик индукционных тигельных печей с проводящим ферромагнитным тиглем с учетом двухслойности загрузки // Труды XV междунар. конф. «Энерго- и ресурсосбережение XXI век». – Орел, 2017. – С. 109-112.

МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ МЕТОД ПОИСКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

О.Ю. Курицын

Научный руководитель ***А.Н. Алюнов,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В настоящее время особую роль занимает вопрос об энергосбережении и повышении энергоэффективности в электроэнергетике. Это, прежде всего, связано с ростом тарифов на электроэнергию, а также политикой государства, направленной на разработку мер, обеспечивающих снижение издержек на передачу электрической энергии и повышение ее полезного отпуска. Существуют также затраты, связанные с необходимостью постоянного проведения капитальных ремонтов основного оборудования из-за высокой степени его износа (сети 6-10 кВ). Данный вид издержек мало поддается оптимизации. Что касается затрат на потери электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении, здесь необходим поиск технических и энергоэффективных решений на стадиях проектирования и эксплуатации электроустановок.

Ранее в исследованиях на тему «Повышение эффективности системы электроснабжения сельскохозяйственного района» осуществлялся поиск мероприятий, направленных на снижение технических потерь электроэнергии в рассматриваемом районе, возникала необходимость производить расчеты установившихся режимов системы, а затем выполнять решение локальных задач, направленных на улучшение ее параметров. Большинство таких задач решались с помощью отдельных модулей для электротехнических расчетов

веб-сервиса «Онлайн Электрик». Основная трудность состояла в изолированности данных модулей друг от друга, т.е. отсутствовал обмен данных между ними, который усложнял поиск оптимальных решений в целом.

Для разрешения данной проблемы было предложено внедрение мультиагентного метода поиска оптимальных технических и энергоэффективных решений в электроэнергетике в веб-сервис «Онлайн Электрик».

В мультиагентных системах множество автономных агентов-модулей действуют по требованию пользователя и взаимодействуют между собой в процессе решения определенных задач [1]. Примерами таких задач в электроэнергетике является: расчет параметров системы электроснабжения, выбор средств компенсации, расчет электрических потерь, выбор мощности силового трансформатора с учетом оптимального коэффициента загрузки [2] и т.д.

Структурная схема внедрения мультиагентной системы представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структурная схема решения

Существующие модули для расчета предлагается сделать агентами разрабатываемой системы. Для организации их взаимодействия необходимо создание некого «ядра», которое будет координатором системы. Под координатором подразумевается агент, который поддерживает целостность данных системы на групповом уровне, осуществляет управление информационными потоками данных, содержащих параметры рассматриваемой электроэнергетической системы, вносит в них необходимые изменения. Пример взаимодействия модулей-агентов при решении задачи оптимизации потерь представлен на рис. 2.

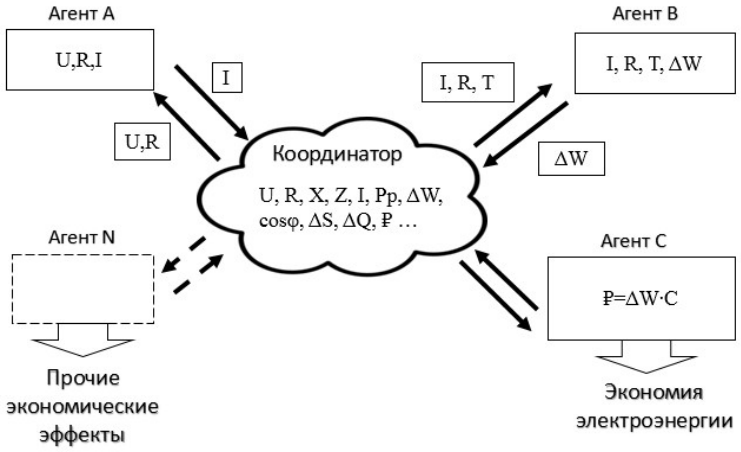


Рис. 2. Пример взаимодействия модулей-агентов

В агент А задаются параметры рассматриваемой системы электроснабжения. Он осуществляет расчет установившегося режима и отдает результаты расчета в координатор. Координатор в свою очередь, по запросу пользователя, дает команду агенту В – выполнить расчет потерь. На основании полученного ответа отдается команда агенту С – выполнить расчет стоимости потерь. На основании расчета можно сделать выводы и, при необходимости, изменить какие-либо параметры в координаторе, а он, в свою очередь, повторит выполненные ранее действия.

Таким образом, применение мультиагентного метода позволит значительно облегчить выполнение задач, касающихся поиска энергоэффективных решений, за счет комплексного подхода, который позволит в одной системе выполнять все необходимые операции при проектировании и эксплуатации энергосистем. За счет дальнейшего внедрения базы справочных материалов и нормативно-технической документации появится возможность осуществлять анализ принятых решений. Кроме того, все расчеты будут выполняться на стороне сервера, что исключает необходимость в использовании компьютеров с высокой производительностью. Хранение исходных данных можно осуществлять, как на сервере, так и на персональном носителе.

1. Швецов, А.Н. Мультиагентные системы: учебное пособие / А.Н. Швецов. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 111 с.

2. Алюнов, А.Н. К вопросу об определении параметров схем замещения силовых трансформаторов / А.Н. Алюнов, И.Н. Смирнов, Н.Д. Поздеев, В.А. Бабарушкин // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность – Холдинговая компания “Электрозавод”: Москва, 2012. – 35-36 с.

ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АСУ НА БАЗЕ TRACE MODE

И.С. Ладилов
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Контроллеры на операционных системах Windows уже доказали свою надежность и состоятельность. Большое число разработчиков предпочитают использовать контроллеры с этими системами. Успешность таких устройств обуславливается их практически безграничными возможностями в различных проектах, даже в самых сложных. Особенностью является возможность интеграции в многозадачную систему реального времени, осуществляющую контроль различных параметров, за счет специализированных инструментов кодинга [1].

В проекте по созданию АСУ наружного освещения «Умный свет» было принято решение использовать контроллер серии Winpac 8000. Данный прибор базируется на архитектуре x86 и процессоре PXA270 520 МГц совместимым с PC, имеет достаточный объем оперативной и флэш памяти. В совокупности это создает отличные условия для бесконфликтной работы ОС Windows CE 5.0. В состав входит ряд коммуникационных интерфейсов: графический интерфейс VGA для настройки и программирования контроллера, USB, RS-232, Ethernet, RS-485.

Winpac-8000 имеет два конструктивных исполнения: блочный и модульный [2]. Для первого типа увеличение количества каналов вывода происходит при помощи блоков по RS-485 или шине Ethernet. Модульная конфигурация может иметь различное число слотов расширения.

а) Блочный *б) Модульный*

Рис. 1. Варианты исполнения контроллера Winpac-8000

Ввиду того, что контроллер реализован на операционной системе Windows CE 5.0, кодинг можно выполнить различными способами:

- среда программирования IsaGRAF 3.x;

- C# (Си Шарп);
- Trace Mode.

Среда управления Trace Mode разработана компанией AdAstra, отечественного разработчика утилит инженерного программного обеспечения [3]. Платформа включает исполнительные модули верхнего уровня и уровня контроллера, а также среду разработки. Преимуществами данной программной системы являются:

- возможность работы с отечественными контроллерами;
- русификация программного продукта;
- наличие логистики технической поддержки в рамках удаленного доступа.

Кодинг контроллеров выполняется в инструментальной системе, где программа синхронизируется с памятью контроллера, а ее работа обеспечивается модулями исполнения TRACE MODE – Микро MPB или Embedded MPB.

Trace Mode обеспечивает программирование на следующих языках:

- язык SFC (последовательные функциональные схемы);
- язык FBD (функциональные блок-диаграммы);
- язык LD (язык релейной логики);
- язык ST (структура текста программы);
- язык IL (язык инструкций).

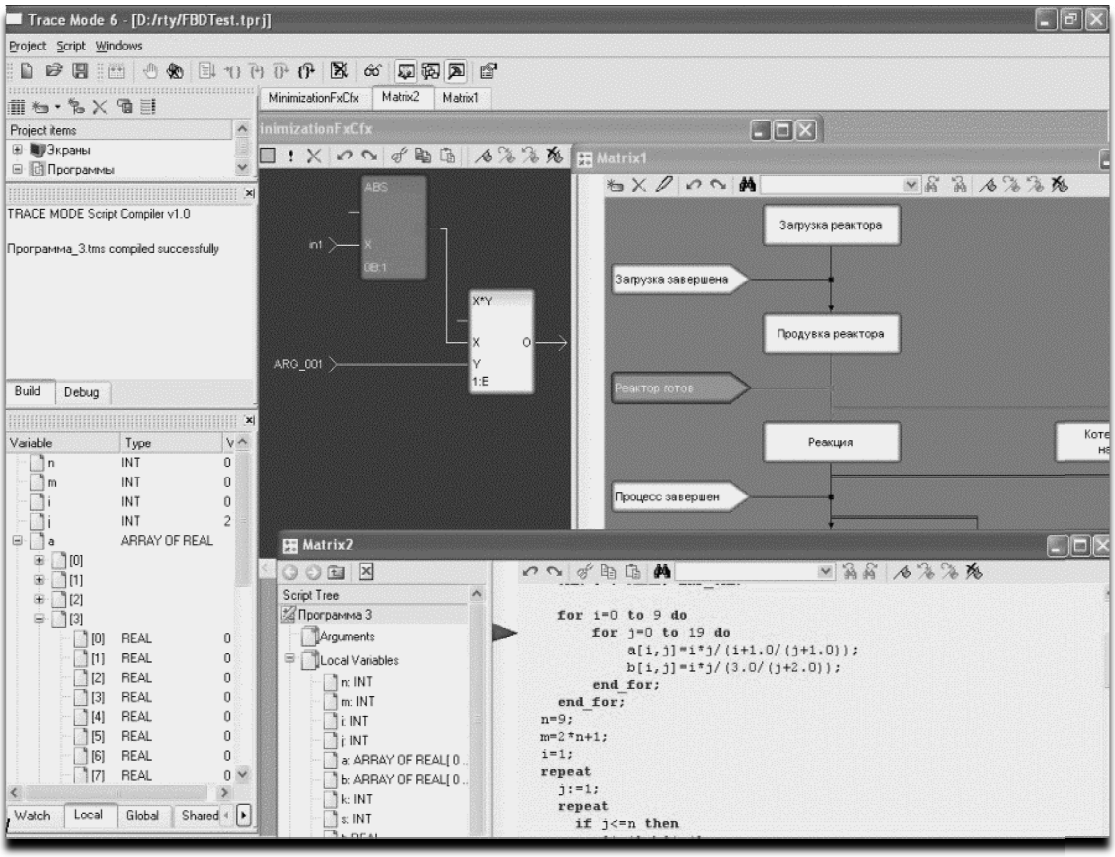


Рис. 2. Среда разработки Trace Mode

Для создания и изменения свойств переменных, их аргументов, структурных типов программы и функций, а также для использования внешних библиотек в интегрированной среде проекта включены дополнительные табличные редакторы.

Использование программированного контроллера серии Winpac-8000 в качестве элемента системы сбора, обработки и передачи информации позволяет построить высокоэффективную систему управления. Выбор данного оборудования позволяет унифицировать процесс создания АСУ по энергосбережению. Надежное и простое в эксплуатации оборудование обладает удобным и многофункциональным интерфейсом, позволяет снизить эксплуатационные расходы и реализовать требуемые функции. Выбор платформы Trace Mode в качестве SCADA оболочки объясняется следующими фактами:

- страна разработчика (отечественная разработка);
- стоимостью основного продукта и цена сопровождения;
- удобной логистикой технической поддержки;
- наличием функционирующего центра по обучению и переобучению пользователей;
- организацией конкурсных работ для студентов высших учебных заведений.

Модуль TRACE MODE даст наиболее стабильную и высокопроизводительную работу всей системы с возможностью контроля и оперативного внесения изменений при снижении работоспособности и иных проблем.

1. Мезенцев А.А. Техническое и программное обеспечение лабораторного комплекса «Организация пультов управления современных АСУ ТП»: учебное пособие / А.А. Мезенцев, В.М. Павлов, К.И. Байструков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 120 с.

2. Winpac-8000 [Электронный ресурс]: – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.plcsystems.ru/catalog/ICPDAS

3. Куличенко Т.А. Проектирование SCADA-системы на базе пакета GENIE и контроллеров ADAM-4000: Учебное пособие. / Т.А. Куличенко, А.С. Морозов. – Рязань, 2003. – 61 с.

ПРОТОЧНАЯ ПОГРУЖНАЯ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Е.А. Миронов
Научный руководитель ***В.И. Загрядцкий,*** *д-р техн. наук, профессор*
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
г. Орёл

На кафедре «Электрооборудование и энергосбережение» Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева на протяжении нескольких лет ведутся работы по созданию проточных погружных микрогидроэлектростанций (мкГЭС). Усилия по разработке данного проекта направлены на решение важной научно-технической задачи, способствующей дальнейшему развитию альтернативной энергетики и внедрению в широкую практику микро- и малых ГЭС, для использования потенциала небольших водотоков. К основным преимуществам малой гидроэнергетики относят получение дешёвой энергии экологически безопасным путем. В процессе выработки электроэнергии мкГЭС не производит парниковых газов и не загрязняет окружающую среду продуктами горения и токсичными отходами, что соответствует требованиям Киотского протокола. Микро- и малые ГЭС могут играть большую роль в энергоснабжении отдаленных районов, являющихся энергодефицитными. Развитие малой гидроэнергетики в регионах обеспечивает:

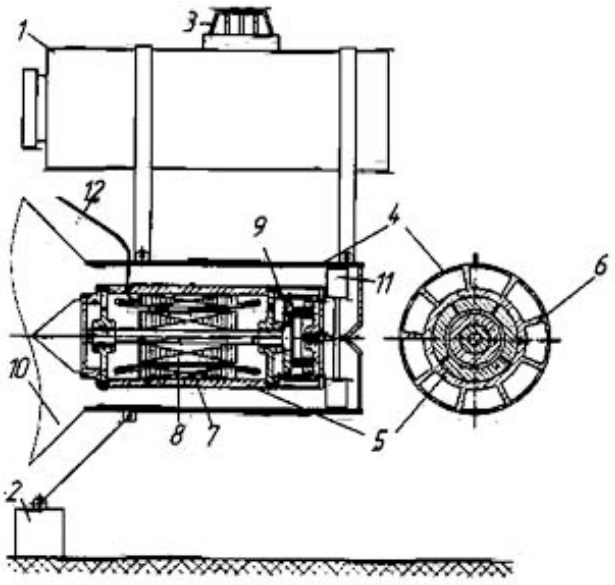
– создание собственных региональных генерирующих мощностей и снижение дефицита электроэнергии в регионе;

– надежное электроснабжение качественной электроэнергией населенных пунктов в удаленных районах и на участках, лишенных магистральных линий электропередачи;

– снижение дотационности регионов, связанной с закупкой и завозом топлива в труднодоступные районы.

Идея использования микро- и малых ГЭС не новая, однако конструкция представленная в данной статье имеет ряд преимуществ по сравнению с наплывными, плотинными и деривационными безнапорными мкГЭС [1]. Предложенная конструкция может способствовать большему внедрению мкГЭС для освоения внушительного потенциала именно небольших водотоков.

Этот тип микрогидроэлектростанции предполагает работу в малых реках с небольшим течением, которое недостаточно для приведения во вращение гидравлической турбины. Чтобы увеличить скорость протекания воды до необходимого уровня, авторами [2,3] был предложен гидромеханический преобразователь скорости. Принципиальная схема свободнопоточной погружной мкГЭС представлена на рисунке.



1 – поплавок
2 – якоря
3 – контрольная лампа
4 – наружная оболочка
5 – внутренняя оболочка
6 – продольные рёбра
7 – статор
8 – ротор
9 – планетарная зубчатая передача
10 – конфузор
11 – гидротурбина
12 – кабель

Рис. Принципиальная схема мкГЭС

МкГЭС имеет базовый корпус, внутренняя цилиндрическая оболочка 5 содержит статор 7, ротор 8 и планетарную зубчатую передачу (мультипликатор) 9. В передней части корпуса прикреплён конфузор 10, а в задней части расположена гидротурбина 11. Поток воды от конфузора 10 проходит между оболочками 4 и 5 по каналам, образованными продольными рёбрами 6 и с увеличенной скоростью попадает на гидротурбину 11, заставляя её вращаться. Вращение гидротурбины 11 передаётся ротору 8 с увеличением частоты вращения ротора посредством зубчатой передачи 9. Полученный электрический ток отводится от станции по кабелю 12. Провода имеют усиленную изоляцию и предназначены для подводного использования. Элементы конструкции 4, 5, 6 и 10 образуют гидромеханический преобразователь скорости. МкГЭС снабжена гидротурбиной пропеллерного типа. Она имеет самую высокую быстроходность среди всех типов турбин. Это позволяет при малых скоростях потока получать более высокую скорость вращения. Высокие обороты турбины в свою очередь позволяют применять более быстроходные, а значит, более лёгкие и дешёвые электрогенераторы или уменьшать расходы на мультипликаторы.

Средняя скорость в канале гидромеханического преобразователя:

$$V_k = \frac{Q_0}{n \cdot F_k}, \quad (1)$$

где Q_0 – секундный расход воды в сечении на входе,

n – число каналов,

F_k – площадь поперечного сечения одного канала.

Входящие в приведённую выше формулу величины принимаются исходя из конструктивных соображений.

Если известны значения скорости в канале V_k, установленная мощность станции N, радиус рабочего колеса турбины r, то угловую частоту вращения ω рабочего колеса турбины можно найти из приближённого уравнения [2]:

$$\omega = \frac{2 \cdot N}{Q_0 \cdot V_k \cdot r \cdot \rho \cdot \sin 2\beta}\ , \qquad (2)$$

где ρ – массовая плотность жидкости,

β – угол наклона лопасти турбины к оси канала.

Окружная сила давления на одну лопасть рабочего колеса турбины:

$$P_t = 0{,}5 \cdot \rho \cdot {V_k}^2 \cdot F_k \cdot \sin 2\beta\ . \qquad (3)$$

Вращающий момент на рабочем колесе турбины:

$$M = P_t \cdot r \cdot n\ . \qquad (4)$$

Развиваемая мощность:

$$N = M \cdot \omega\ . \qquad (5)$$

Для выработки электроэнергии предлагается использовать погружной водозаполненный синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов. Этим достигается высокая надёжность, автономность и простота конструкции. Конструктивно исполнение в целом остается таким же, что и исполнение погружных водозаполненных электродвигателей. При разработке конструкции необходимо стремиться к минимальному диаметру мкГЭС, что определяется небольшой глубиной малых рек. Однако, стремление получить минимальные габариты не должно идти в ущерб энергетическим показателям. Синхронные генераторы пригодны для аварийного электропитания офисов, холодильных установок, оборудования загородных домов, дач, строительных объектов. Такие электрогенераторы без проблем справляются с энергоснабжением электроинструментов и электродвигателей с реактивной нагрузкой до 65% от своего номинала.

С целью проверки формулы для определения угловой частоты вращения рабочего колеса турбины и работоспособности предложенной конструкции мкГЭС, на кафедре «Электрооборудование и энергосбережение» была построена физическая модель, которая имитирует работу станции. Испытания физической модели проводились в реке Оке со средней скоростью течения 0,5 м/с. Испытания на реке и теоретические расчёты проведённые в лаборатории позволили выяснить: для того чтобы применять генератор на 500…600 мин$^{-1}$ и более, необходимо использовать мультипликатор с передаточным отношением 1:8...1:16.

Подводя итог, можно констатировать, что был подтверждён принцип работы свободнопоточной погружной мкГЭС, которая предназначена для работы на малых реках с небольшой скоростью течения. Было выяснено, что использование гидромеханического преобразователя совместно с мультипликатором позволяет применять быстроходный электрический генератор с оптимальным числом пар полюсов.

В заключение необходимо отметить, что Россия обладает огромными ресурсами и потенциалом малой гидроэнергетики, которые, к сожалению, в настоящее время практически не осваиваются и не используются. МкГЭС могут стать решением данной проблемы, так как обладают целым рядом достоинств и преимуществ, которые почти не реализуются в отечественном гидроэлектростроении. Поэтому совершенно необходимо создавать и развивать государственную программу, которая была бы направлена на развитие малой гидроэнергетики, а также на освоение энергетического потенциала низкоскоростных маловодных источников.

1. Загрядцкий, В.И. Микрогидроэлектростанция для малых рек [Текст] / В.И. Загрядцкий, Е.Т. Кобяков // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век – Орел: Изд-во Госуниверситета – УНПК, 2014. – С. 44-47.
2. Загрядцкий, В.И. Проектирование гидромеханического преобразователя микрогидроэлектростанции для низкоскоростных водных источников [Текст] / В.И. Загрядцкий, Е.Т. Кобяков, Л.Г. Харитонова. – М.: Промышленная энергетика, 2015. №2. – С. 55-58.
3. Пат. 2603882F038 13/10, F038 17/05 Направляющий аппарат микрогидроэлектростанции /В.И. Загрядцкий, Е.Т.Кобяков. Опуб.10.12.2016. Бюл. №34.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Ю. Мишин
Научный руководитель ***А.Н. Качанов,*** *д-р техн. наук, профессор*
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
г. Орёл

С каждым годом вопросы повышения эффективного использования альтернативных источников энергии и увеличения доли выработки производимой ими энергии от общего объёма вырабатываемой энергии становятся все более актуальными. Особенно для стран, которые не обладают достаточным количеством запасов полезных ископаемых (газа, нефти, и др.). В России доля энергии, вырабатываемая возобновляемыми энергоисточниками составляет не более 3,6% от всей производимой в стране электроэнергии [1]. Поэтому возникает необходимость дальнейшего поиска путей повышения эффективности использования нетрадиционной энергетики на территории России, в том числе и в Орловской области. Рассмотрим кратко перспективы применения возобновляемых источников в Орловской области.

Согласно имеющимся данным о количестве солнечных дней в Орловской области известно, что из 365 дней в году солнечных только 117 [2]. При таком количестве солнечных дней перспективным является использование солнечных коллекторов, которые бывают разных типов так же, как и солнечные электростанции. Отличием коллекторов, по сравнению с солнечными панелями, является то, что они имеют более высокий КПД (особенно вакуумные до 95%) [3]. Их целесообразно использовать в нашей области для обогрева и отопления помещений, в тех случаях, когда нет возможности использовать центральное отопление. Максимальный КПД солнечных панелей достигается тогда, когда лучи направлены перпендикулярно к поглощающей поверхности. Следовательно панели целесообразно использовать в Нижнем Поволжье, Республике Калмыкия, Астраханской области и на Северном Кавказе [4].

Плюсы солнечных электрических станций (СЭС): фотоэлектрические панели улавливают свет, даже когда на небе тучи; есть возможность комбинировать получение энергии из нескольких источников; мобильные электростанции обладают небольшими габаритами и могут использоваться для обеспечения электроэнергией дома; средний срок службы оборудования составляет порядка 30 – 50 лет; солнечные электростанции долговечны, надёжны и имеют низкую стоимость обслуживания.

Минусы СЭС: не во всех климатических зонах солнечные панели имеют одинаковую эффективность; СЭС имеют низкий КПД. В большинстве случаев он составляет 20%.

Рассмотрим возможность использования энергии ветра в Орловской области. Из практики эксплуатации ветровых электрических станций (ВЭС) известны не только следующие плюсы ВЭС (дешёвая энергия; средний срок службы установок – 20-25 лет; простое обслуживание и малые расходы на эксплуатацию; быстрая установка), но и их минусы (достаточно большие инвестиционные затраты; непостоянство выработки электроэнергии; создание шума и вибраций). В технической литературе приводятся результаты исследований, в которых анализируют влияние ВЭС на климат, поскольку часть энергии ветра поглощается (преобразуется в электрическую энергию), то и экосистема местности претерпевает изменения. По данным метеостанций средняя скорость ветра на высоте 10 метров в Орловской области составляет 2,5 – 3 м/с [5]. Поэтому перспективным является возможность использования ВЭС лишь вертикального типа.

Сельское хозяйство в Орловской области является одной из ведущих отраслей экономики. Удельный вес аграрного сектора в валовом региональном продукте составляет 18,8% и неуклонно продолжает расти [6]. На территории области функционирует один из крупнейших гибридных селекционно-генетических центров в России – «Знаменский СГЦ», насчитывающий более полмиллиона поголовья свиней, которое к 2020 году удвоится [7]. Отходы животноводческих комплексов и в целом АПК рентабельно использовать для развития биогазовой энергетики. Установки можно устанавливать как на от-

дельных фермерских хозяйствах, так и централизовано для отдельного района с учетом проектируемой мощности биоэлектростанции.

Стандартная установка для получения биогаза, состоит из следующих узлов и агрегатов: емкость накопитель, в которой накапливается используемое, для получения биогаза, сырье; миксеры и мельницы различной конструкции, делящие крупные фракции сырья на более мелкие; газгольдер, герметично закрываемая емкость, служащая накопителем получаемого газа; реактор, емкость или резервуар, в котором происходит процесс образования биотоплива; системы подачи сырья в реактор установки; система передачи получаемого топлива от реактора и газгольдера, далее на этапы обработки и преобразования в другие виды энергии; системы автоматики, защиты и контроля за процессами производства газа и продуктов его переработки [9].

Принцип действия работы подобный устройств основан на брожении и разложении органических отходов сельскохозяйственных и иных производств, осуществляемом в реакторе биогазовой установки, под воздействием особых гидролизных, кислотообразующих и метанобразующих бактерий. В результате разложения сырья получается биогаз, состоящий из смеси метана, углекислого газа и примесей прочих газов [9].

Плюсы биогазовой электростанции: возможность переработки различных видов органических отходов; утилизация отходов жизнедеятельности животных и органического мусора; КПД преобразования энергии органических соединений в биогаз 82–90% [10]; срок службы реактора около 25-30 лет; биогаз можно преобразовать в электрическую энергию, сжигать для отопления, а остатки органических веществ на выходе – использовать как удобрение.

Минусы: необходимость размещения биостанции вблизи источника сырья; высокая стоимость комплекта оборудования; при сжигании метана выделяется некоторое количество вредных веществ.

Сдерживающими факторами являются высокие инвестиционные затраты на покупку оборудования и монтаж, а также большой срок окупаемости установок по переработке биотоплива – 5-7 лет [8].

Проведенный краткий анализ показал, что перспективным направлением использования возобновляемых источников энергии в Орловской области является внедрение биоэнергетики.

1. Россия: потенциал чистой энергии/Россия сегодня: газета. – 2017. URL: http://inosmi.ru/economic/20170510/239307111.html (дата обращения: 17.10.2017)

2. 365 по Цельсию. – 2017 [Электронный ресурс]. URL: http:// pogoda.365c.ru/ russia/orel/po_mesyacam (дата обращения: 17.10.17)

3. Солнечные коллекторы для отопления дома: [сайт]. URL: http:// genera-torexperts.ru/alternativnye-istochniki/solnechnye-kollektory-dlya-otopleniya-doma.html (дата обращения: 18.10.17)

4. Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.: Сборник материалов IX-ой международной научно-практической интернет-конференции / Под редакцией д.т.н., проф. В.А. Голенкова, д.т.н., проф. А.Н. Качанова, д.т.н., проф. Ю.С. Степанова. – Орёл: ООО ПФ «Картуш», 2011. – 286 с. (дата обращения: 17.10.17)

5. Среднегодовая скорость ветра по Орловской области – Атлас ветров России. – 2011 [Электронный ресурс]. URL: http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/czentr/orlovskaya-oblast(дата обращения: 18.10.17)

6. Предварительные итоги по АПК Орловской области за 2016год/Агровестник: Журнал про АПК. – 2017. URL: https://agrovesti.net/lib/regionals/region-57/predvaritelnye-itogi-po-apk-orlovskoj-oblasti-za-2016-god.html (дата обращения: 20.10.17)

7. Знаменский СГЦ: [сайт]. URL: https://www.pigprice.ru/news/tag/0/1662-znamenskii-sgc (дата обращения: 20.10.2017)

8. Безальтернативня энергетика/Агроивестор: журнал. – 2017. URL: http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15140-bezalternativnaya-energetika/(дата обращения: 21.10.2017)

9. Биогазовая установка: принцип действия, плюсы, минусы. – 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://alter220.ru/bio/biogazovaya-ustanovka.html (дата обращения: 21.10.2017)

10. Биогазовай реактор/Биогаз в России [сайт]. URL: http://biogaz-russia.ru/biogazoviy-reaktor/ (дата обращения: 21.10.2017)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛОУЗЕРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА ИХ УСТАНОВКУ

Н.А. Осипов, М.В. Коряковский
Научный руководитель ***В.П. Ананьев,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время во многих деревнях существуют проблемы с электроснабжением. Спрос электроэнергии растет из-за увеличения численности населения. Распределительные сети становятся больше, и нужен персонал, который будет обслуживать их. Поэтому увеличиваются расходы на обслуживание. Чтобы заменить большую часть персонала и уменьшить расходы на обслуживание сетей, применяют реклоузеры, чтобы сеть стала более автоматизированной.

Реклоузер – это автоматический комплекс секционирования сети, в который входят шкаф высоковольтной аппаратуры с выключателем и шкаф управления с микропроцессорной релейной защитой.

Преимущества реклоузеров:

1. Повышение надежности линии электропередач;
2. Защита электрооборудования сети;
3. Учет энергии;
4. Локализация повреждений и автоматическая передача резервного питания;
5. Секционирование линий с односторонним и двухсторонним питанием;
6. Плавка гололеда;
7. Управляемая сеть;
8. Питание теряют только потребители поврежденной сети;
9. Полностью устраняется человеческий фактор;
10. Все функции выполняются автоматически;
11. Выделение повреждения происходит за секунды.

Экономическая эффективность реклоузера:

1. Снижение затрат на проведение ремонтых работ на линии;
2. Снижение затрат на обслуживание линейного оборудования;
3. Снижение возможного искового требования к энергосберегающей организации или прямого ущерба собственника сети;
4. Снижение затрат на поиск и локализацию устойчивого повреждения.

Внедрение реклоузеров позволяет:

1. Создать автоматически управляемую сеть;
2. Оптимизировать режимы работы сети;
3. Снизить затраты на обслуживание сети;
4. Снизить недоотпуск электроэнергии, а соответственно повысить надежность электроснабжения;
5. Получать необходимый объем информации для принятия оперативных и плановых решений.

Целью работы является изучение реклоузеров и их усовершенствование.

Для примера возьмем реклоузер марки PBA/TEL(REC15 (27)) – это интеллектуальный коммутационный аппарат, объединяющий в одном устройстве силовой вакуумный выключатель наружного применения с интегрированной системой измерения токов и напряжения и с микропроцессорным шкафом управления с продвинутыми функциями защит и автоматики, специально адаптированными под нужды воздушных распределительных сетей. Цена такого устройства около 750 000 рублей.

Можно установить на реклоузер контроллер, который будет управлять реклоузером удаленно и сообщать информацию о его состоянии при помощи системы GSM. Это преимущество позволяет сразу определить, где и какой участок сети поврежден. Так же контроллер будет фиксировать хищение электроэнергии на определенном участке сети. Принцип обнаружения похож на срабатывание дифференциальной защиты. Контроллер будет определять разность токов между реклоузерами, и, если эта величина изменится, то будет поступать сигнал о хищении.

Для примера возьмем контроллер марки Комега Basic-контроллер для автоматического определения состава и управления сети. Цена такого устройства около 10 000 рублей.

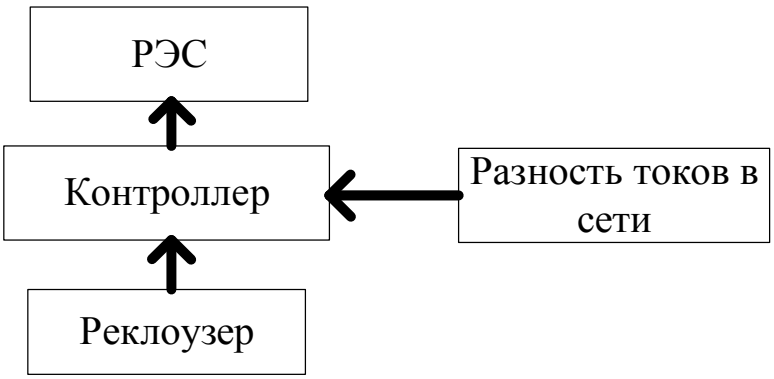


Рис. Структурная схема

Система работает таким образом: реклоузер сообщает контроллеру о состоянии сети (различные повреждения и состояние сети). Так же контроллер учитывает разность токов в сети для учета хищения. Все сигналы поступают на РЭС через цифровые подстанции.

Эта схема позволяет следить и управлять сетями удаленно, что более выгодно, чем искать поврежденные участки в сети и обеспечивать их ремонт.

Минус такой системы состоит в том, что подстанции, от которых питаются сети с контроллерами, должны быть цифровыми с ОПУ. В настоящее время в России большинство подстанций имеют старое механическое оборудование, которое управляется только вручную. Эти подстанции требуют реконструкции.

Для того чтобы схема работала, нужна цифровая новая подстанция, где вся информация о сети будет передаваться в ОПУ подстанции, а оттуда на РЭС.

Общая сумма реклоузера и контроллера составляет примерно 760 000 рублей. На одну линию реклоузеров нужно около 5 штук. Плюс их установка и монтаж. Получается, их установка окупится через три года, так как уменьшатся расходы на рабочий персонал и постоянное обслуживание сети.

1. Мосэлектро «Пункты секционирования. Реклоузеры», 2010. – 2, 3, 8 с.
2. Виглеб Г. / Датчики. Устройство и применение: Москва: «Мир», 1989. – 25 с.
3. Елизаров И.А. / Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры, 2004. – 35 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ FACTS В ПРОГРАММЕ MATLAB SIMULINK

О.Е. Рысин
Научный руководитель ***А.В. Ударатин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одной из важнейших проблем, с которой сталкивается современная электроэнергетика, является неоптимальная загрузка параллельных линий электропередач (ЛЭП) разного класса напряжений: одни линии перегружаются и работают на пределе пропускной способности, а другие, наоборот, – недогружены и работают в режиме низкой загрузки.

В результате этого увеличиваются потери в энергосетях, снижаются надежность и качество электроснабжения, а весь потенциал существующих сетей остается недоиспользованным.

В электросетях России данная проблема наблюдается в объединенной энергосистеме Северо-Запада, ОАО Мосэнерго, в линиях напряжениям 500/220/110 кВ и 330/220/110 кВ [1].

Для решения проблемы неоптимального потокораспределения мощности применяются устройства гибких систем передачи переменного тока (FACTS), в частности ОРПМ (объединенный регулятор потока мощности) – это статический синхронный компенсатор STATCOM и статический синхронный последовательный компенсатор SSSC, соединенные через общую связь по постоянному току. ОРПМ значительно эффективнее традиционных устройств компенсации реактивной мощности.

ОРПМ мощностью до 250 МВА уже применяются в энергосистемах США, Канады, Южной Кореи, КНР и Бразилии [2].

Функции ОРПМ:

1. Обеспечивается согласованная последовательная компенсация активной и реактивной мощности в ЛЭП без внешнего источника энергии;

2. Независимое обеспечение управляемой поперечной компенсации реактивной мощности в системе;

3. Управление напряжением, индуктивным сопротивлением линии и углом фазового сдвига между напряжениями по концам ЛЭП.

Принцип работы устройства ОРПМ, а также эффективность его использования можно продемонстрировать с помощью пакета программ MATLAB Simulink. В состав программы входит библиотека SimPowerSystems. Это мощный инструмент для моделирования электросиловых систем генерации, передачи, распределения и потребления электроэнергии (ЭЭ). Для создания модели используется набор готовых элементов энергосети, таких как генераторы, трансформаторы и линии электропередач, для каждого из которых необходимо задать их требуемые характеристики. В библиотеке SimPowerSystems так-

же имеются модели устройств FACTS (статические компенсаторы STATCOM, SSSC, SVC, ОРПМ и др.).

Смоделированная в Matlab энергосистема включает в себя две электростанции мощностью 500 и 1000 МВт (Power plant №1 и №2), питающих нагрузку 200 МВт и систему 15 000 МВА (Equivalent). Электроснабжение осуществляется по параллельным линиям 220 кВ (L1 и L2) и 500 кВ (L3) через шины (B1- B5) и силовые трансформаторы 500/230 кВ (Tr1 и Tr2). Также в модели сети установлен ОРПМ (UPFC) мощностью 100 МВА.

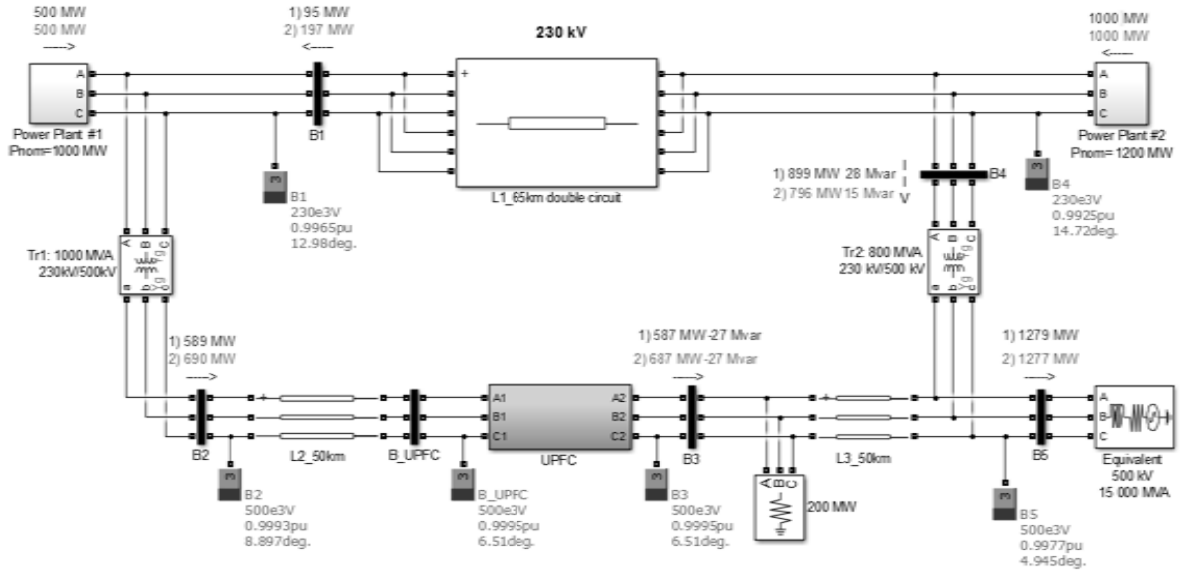


Рис. 1. Модель энергосистемы в MATLAB Simulink

В нормальном режиме работы мощность от электростанции №2 передается нагрузке и в систему преимущественно через три трансформатора 500/230 кВ по 400 МВА (Tr2), расположенных между шинами B4 и B5.

Рассмотрим аварийный режим, когда в работе находятся только два трансформатора из трех (Tr2=2x400MBA=800MBA). В этом режиме поток мощности, проходящий через шину B4, составляет 899 МВт, поэтому трансформаторы Tr2 перегружены на 99 МВА.

Поток мощности на шинах B1-B5 в аварийном режиме при выключенном устройстве ОРПМ указан под цифрой 1 над соответствующей шиной на схеме сети.

Для разгрузки трансформаторов Tr2 применим устройство ОРПМ. В данном случае оно управляет активной и реактивной мощностью на шине B3 и напряжением на шине B_UPFC. Поток мощности на шинах B1-B5 в аварийном режиме при включенном устройстве ОРПМ указан под цифрой 2 над соответствующей шиной на схеме сети.

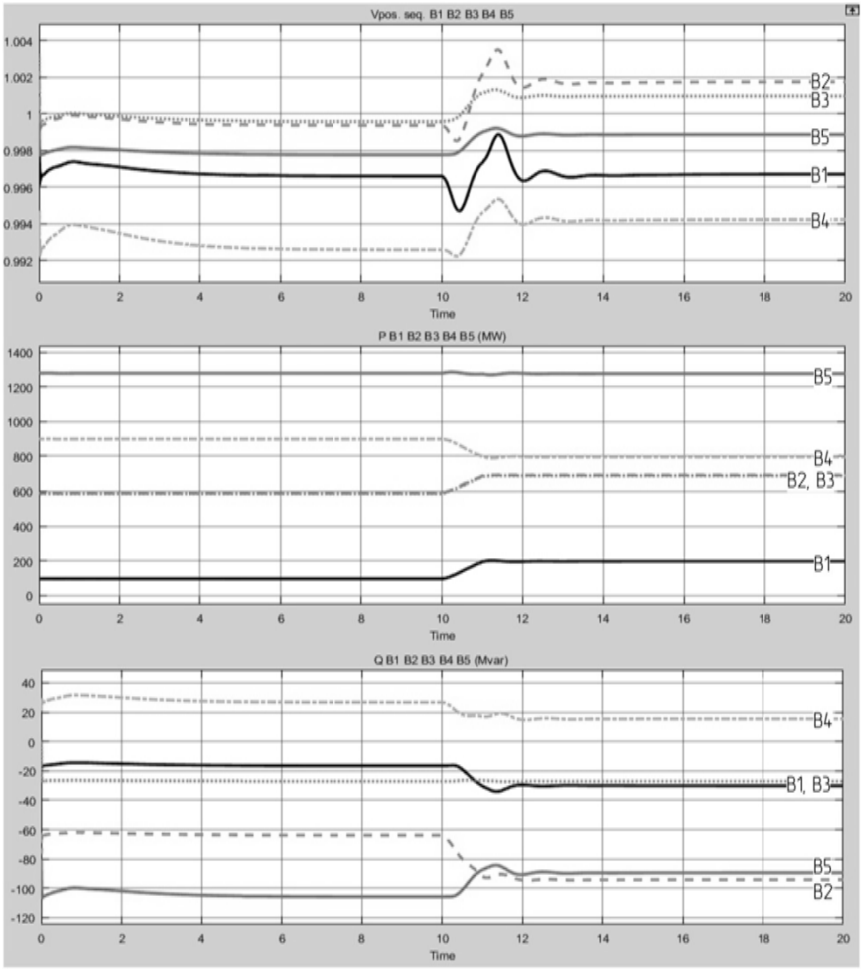


Рис. 2. Графики изменения напряжения, потоков активной и реактивной мощности через шины B1-B5

Согласно графикам, в момент времени t = 10 с при включении ОРПМ излишняя мощность отводится от шины B4 и проходит через шины B1, B2 и B3. При t = 11 с поток мощности при включенном ОРПМ через шину B4 уменьшился с 899 МВт до 796 МВт, что соответствует оптимальной загрузке трансформаторов, а поток мощности через шину B3 увеличился с 587 МВт до 687 МВт. В результате благодаря ОРПМ в модели энергосети достигнуто оптимальное потокораспределение мощности.

Таким образом, с помощью программы MATLAB Simulink были смоделирована энергосистема и продемонстрирована эффективность работы устройства ОРПМ и его основные функции, такие как способность регулировать активную мощность, реактивную мощность и напряжение в зависимости от загрузки элементов в сети. В последующем полученный опыт может быть использован для моделирования новых участков сети либо реконструкции существующих с предоставлением полного отчета об эффективности применения определенного типа устройств.

1. Шакарян, Ю.Г. Управлемые (гибкие) системы передачи переменного тока / Ю.Г. Шакарян. – Москва: ОАО «ВНИИЭ». – 41 с.

2. Поспелова, Т.Г. Эффекты применения FACTS и АСМ в повышении эффективности региональных и национальных энергосистем / Т.Г. Поспелова. – Белорусский национальный технический университет. – 88 с.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА БАЗЕ АСУ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

В.Н. Сахаров

Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Мировая экономика развивается в направлении снижения энергоемкости на единицу произведенной продукции. Одновременно большая часть энергоресурсов расходуется на бытовые нужды. По данным экспертных оценок более трети электроэнергии в мире расходуется на освещение. Снижение такого вида энергетических затрат является государственной стратегией экономического развития. Всем государственным учреждениям предписано снизить объем потребления энергетических ресурсов до 3% в год. Пути решения поставленной задачи лежат в области производства нового поколения осветительного оборудования, реализующего альтернативные физические принципы в разработке и внедрении новых управленческих технологий.

Фактором снижения энергозатрат и оптимизации энергопотребления в управлении технологическими процессами, выступает автоматизированная система наружным освещением (АСУ НО) [2]. АСУ НО – состоит из аппаратно-программного комплекса, главными составляющими которого являются шкафы управления освещением и программная оболочка на базе Scada Trace Mode [2].

Продукт демонстрирует возможности полного пакета современного оснащения и нового программного продукта в сфере уличного освещения.

Система откроет следующие перспективы:

- выполнение пофазного подключения и отключения внешнего освещения;
- регулирование мощности в спектре от 40 до 110% как всего узла освещения и для 1-ой светоточки;
- реализация возможности регламентирования и упорядочивания утреннего, вечернего и ночного режимов освещенности.

Данная система имеет так же ряд следующих особенностей:

- выполняет тестирование каждого светильника в отдельности;

• показывает статус и характеристики осветительного оборудования на экране монитора в диспетчерском пункте управления;

• незамедлительно сигнализирует о возникших неисправностях в системе [1].

Такая среда управления может стать незаменимым инструментом для городских служб в задачах учета затрат и диспетчеризации наружного осветительного оборудования.

Чтобы наиболее полно разобраться в работе АСУ НО, рассмотрим структурную схему компоновки шкафа управления. Он является одним из важных узлов системы, определяющий работу всей структуры. На аппаратуру, сосредоточенную в этом узле, возлагается основная работа по сбору, учету и коммутированию сетей освещения, а также функции регулирования всей работы АСУ НО. Шкаф управления состоит из контроллера, отвечающего за управление, коммутатора, который отвечает за связь и объединение всех шкафов управления в единую сеть. Следует обратить внимание, что работа АСУ НО немыслима без устройств сбора данных, которые являются надежной платформой для сбора технологической информации всех уровней. В шкафах управления так же предусмотрены устройства бесперебойной работы оборудования в случаях аварийных ситуаций. На корпусе шкафа крепятся 2-е GPS антенны, предназначенные для приема и передачи сигналов, а также датчик температуры, который позволяет оператору регистрировать температуру окружающей среды на экране монитора, не выходя из диспетчерского пункта.

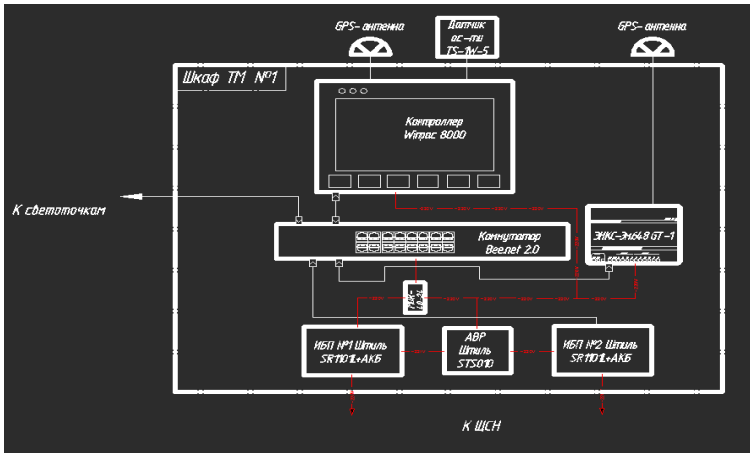


Рис. Структурная схема

Шкаф управления осветительным оборудованием считается главенствующим узлом АСУ НО.

Управление освещением реализуется:

• по утвержденному графику-расписанию, который можно изменять каждодневно;

• особыми сигналами с сервера АСУ НО или из диспетчерского пункта;

• вручную обслуживающим персоналом;

• за счет технических показателей с датчиков освещения.

Рентабельность ввода АСУ НО обусловлена несколькими факторами. Главный из них дает значительное снижение энергопотребления за счет перевода работы системы на дневной, вечерний и ночной тарифы. Тем самым происходит отключение отдельных светоточек, которые в данное время суток не нужны, в виду хорошей освещенности или маленьким трафиком людей и машин. Примером может послужить ситуация, при которой в темное время суток на неоживленном участке необязательно включать все светильники. Можно задействовать алгоритм включения через один или два прибора. Данные вариации высчитываются головным сервером в диспетчерском пункте на основе полученной информации от шкафов управления.

Автоматизированное управление световым освещением снижает потребность в большом количестве обслуживающего персонала. Любая неисправность отражается на пульте управления, после чего принимается решение посылать ремонтную бригаду непосредственно к источнику неисправности.

АСУ НО способно собирать, классифицировать и хранить данные о параметрах электрической сети, качестве электрической энергии и о сроках регламентного обслуживания. Так же имеет возможность передавать данные о энергопотреблении напрямую в сбытовые и энергетические компании. Автоматизированное управление мгновенно реагирует на аварийные и экстренные ситуации.

Использование инновационных источников света, имеющих гораздо больший срок службы, сокращает частоту их замены, но при этом повышается производительность и качество услуг.

Новые технологические принципы управления пресекают акты хищения электроэнергии. Информация о случаях несанкционированного проникновения в систему, сразу же поступает на монитор диспетчера, сигнализируя о возникших угрозах.

Внедрение АСУ НО в городское хозяйство поможет:

1. Оптимизировать и сократить потребление энергоресурсов;

2. Решить вопросы с диспетчеризацией, хранением и передачей информации;

3. Реализовать возможности наблюдения в реальном времени состояние осветительной системы и оборудования.

1. Куличенко, Т.А. Проектирование SCADA-системы на базе пакета GENIE и контроллеров ADAM-4000: Учебное пособие. / Т.А. Куличенко, А.С. Морозов. – Рязань, 2003. – 61 с.

2. Мезенцев, Т.А. Техническое и программное обеспечение лабораторного комплекса «Организация пультов управления современных АСУ ТП»: учебное пособие / А.А. Мезенцев, В.М. Павлов, К.И. Байструков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 120 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ГАЗОПОРШНЕВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

М.А. Святков
Научный руководитель ***А.В. Иванов,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Когенерационные газопоршневые электростанции получают распространение в развитых зарубежных странах и начинают находить применение и в нашей стране. Явным достоинством таких энергетических установок является краткосрочная окупаемость, которая составляет всего 3-5 лет. Чем мощнее электростанция, тем быстрее она окупиться. При выборе конкретного агрегата для электростанции возникает сложный вопрос увязки электрической нагрузки потребителей с их тепловой нагрузкой, зависящих друг от друга.

Ресурсосбережение, растущее экологическое сознание населения и ограниченность запасов природного топлива повышают требования к эффективности процессов получения различных видов энергии. В этом аспекте большое будущее за мини-ТЭЦ на основе газопоршневых двигателей. Эти когенерационные газопоршневые электростанции производят электрическую и тепловую энергию децентрализовано. Они обеспечивают максимальную эффективность процесса преобразования химической энергии газообразного топлива при минимальном загрязнении окружающей среды. Такие электростанции позволяют экономить более 40% энергии газообразного топлива по сравнению с раздельным производством электрической и тепловой энергии. Выработанная на мини-ТЭЦ тепло-электроэнергия может сразу потребляться на нужды предприятия, а может продаваться соседним потребителям. При этом КПД мини-ТЭЦ – 90%, а поскольку потребители находятся в непосредственной близости, то потери электроэнергии при распределении будут значительно меньше, чем у централизованных тепло-электросетей. Это также снижает стоимость получаемой электроэнергии.

Мини-ТЭЦ представляет собой когенерационную газопоршневую электростанцию, состоящую из приводного двигателя внутреннего сгорания, соединенного с электрогенератором, а также теплообменников охлаждающей воды и выхлопных газов двигателя, системы автоматизации и распределения энергии. Система охлаждения в таких электростанциях – жидкостная. В случаях использования воды для охлаждения в поршневых агрегатах, требуется ее химическая подготовка, но в 99% случаев для охлаждения используют антифриз.

Срок службы газопоршневых двигателей таких электростанций, работающих на природном газе, достигает от 60 000 до 200 000 часов, что свидетельствует о надежности их работы. Значительный по величине общий КПД способствует малому сроку окупаемости строительства мини-ТЭЦ.

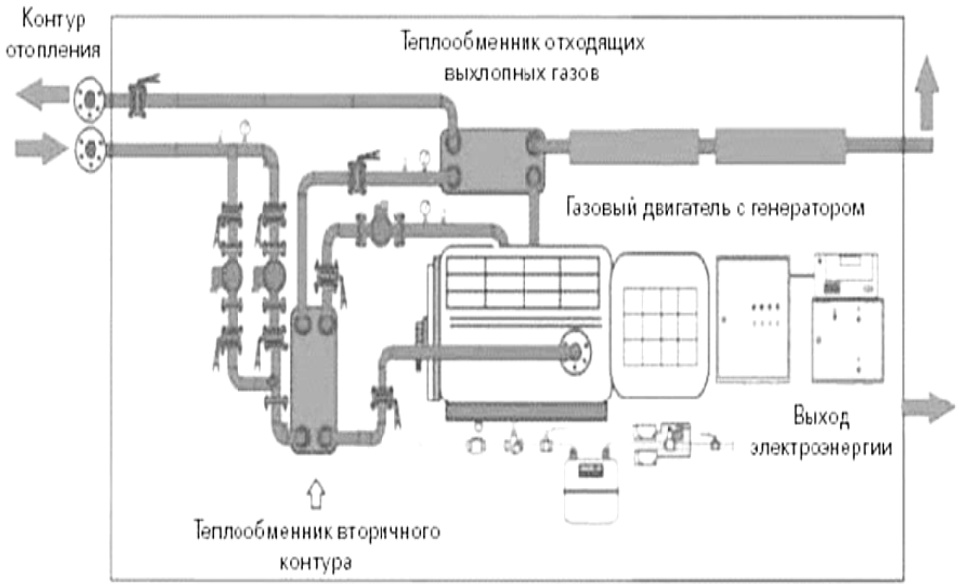


Рис. Принципиальная схема
когенерационной газопоршневой электростанции

В когенерационной газопоршневой электростанции коэффициент использования газообразного топлива при выработке электрической и тепловой энергии достигает 85-87%, т.е. всего 13-15% тепловой энергии топлива выбрасывается в окружающую атмосферу в виде лучистой и конвективной теплоты выхлопных газов. Так как на когенерационной газопоршневой электростанции КПД по выработке электрической энергии остается прежним (35-40%), то на долю выработки тепловой энергии приходится (85%-35%)=50% – (87%-40%) = 47% теплоты горения топлива. Отсюда следует, что соотношение мощностей электрической и тепловой энергии, которую можно получить в когенерационной электростанции, составляет (50%/35%)…(47%/40%), т.е.1/(1,4…1,2), или на 1 МВт выработанной электрической мощности возможно получить 1,2..1,0 Гкал/ч тепловой мощности. В случае применения газопоршневой электростанции без когенерации, предприятию придется покупать тепловую энергию у другого ее производителя, либо производить ее самому, уменьшив срок окупаемости такой мини-ТЭЦ. Когенерация – это прогрессивная технология получения двух видов энергии при резвом снижении эксплуатационных затрат.

Таким образом, предприятие, которое построит собственную когенерационную газопоршневую электростанцию, получит выгоду от собственной генерации электроэнергии, собственной теплоэнергии, повысит качество электроэнергии, а также позволит снизить расходы на ремонт и обслуживание ТЭЦ.

1. БПЦ-Инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://portal-energo.ru/articles/details/id/25

2. Малая энергетика в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: – https://elektro-expro.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЛОЧНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

И.Н. Смирнов
Научный руководитель ***А.Н. Алюнов,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Себестоимость электроэнергии (ЭЭ) можно существенно снизить если перейти к распределённой генерации, то есть выработке ЭЭ в месте её потребления. Для предприятий, получающих питание от внешних сетей и имеющих промышленные котельные, поставленную задачу легко решить, если на базе котельной построить мини-ТЭЦ.

На котельных с паровыми котлами эффективно устанавливать блочные турбогенераторы (ТГ) с турбинами с противодавлением. Такие установки имеют два режима работы:

1. Если производимая тепловая энергия потребляется в меньшей степени (потребление зависит от сезонности), то турбина с противодавлением исполняет роль регулятора, который ограничивает расход пара по заданному алгоритму. В результате этого электроэнергия становится свободной и передаётся в сеть.

2. Если потребление теплоэнергии требуется в большей степени (отопительный сезон), то для обеспечения наибольшего коэффициента полезного действия парового котла, электроэнергия варьируется. [1]

Рассмотрим на примере. По исходным параметрам котла выбирается турбогенератор:

Таблица 1

Исходные данные

Тип парового котла	Число котлов	Тип паровой турбины	Вид топлива
ДКВр -10-24	4	ТГ	Газ

ТГ – блочный турбогенератор;

Паровой котёл ДКВр-10-24 – паровой котёл в качестве топлива использующий природный газ, производительностью 10 т/ч.

Следующим шагом производится выбор числа и мощности ТГ.

По исходным данным определим суммарную производительность и давление котлов:

$$Q_{\Sigma} = Q_{ном} \cdot n = 10 \cdot 4 = 40 \frac{т}{час};$$

$$P_{раб} = 24 \cdot 101325 = 2{,}43 МПа;$$

где $Q_{ном}$- номинальная производительность котла; n- число котлов.

Таблица 2

Характеристики турбогенератора

Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	$\cos\varphi_{тг}$	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ	Рабочее давление $P_{раб}$, МПа	Номинальная производительность котла $Q_{ном}$, т/час
1250	0,8	0,4	1,3	22

Разрабатывается технологическая схема мини-ТЭЦ:

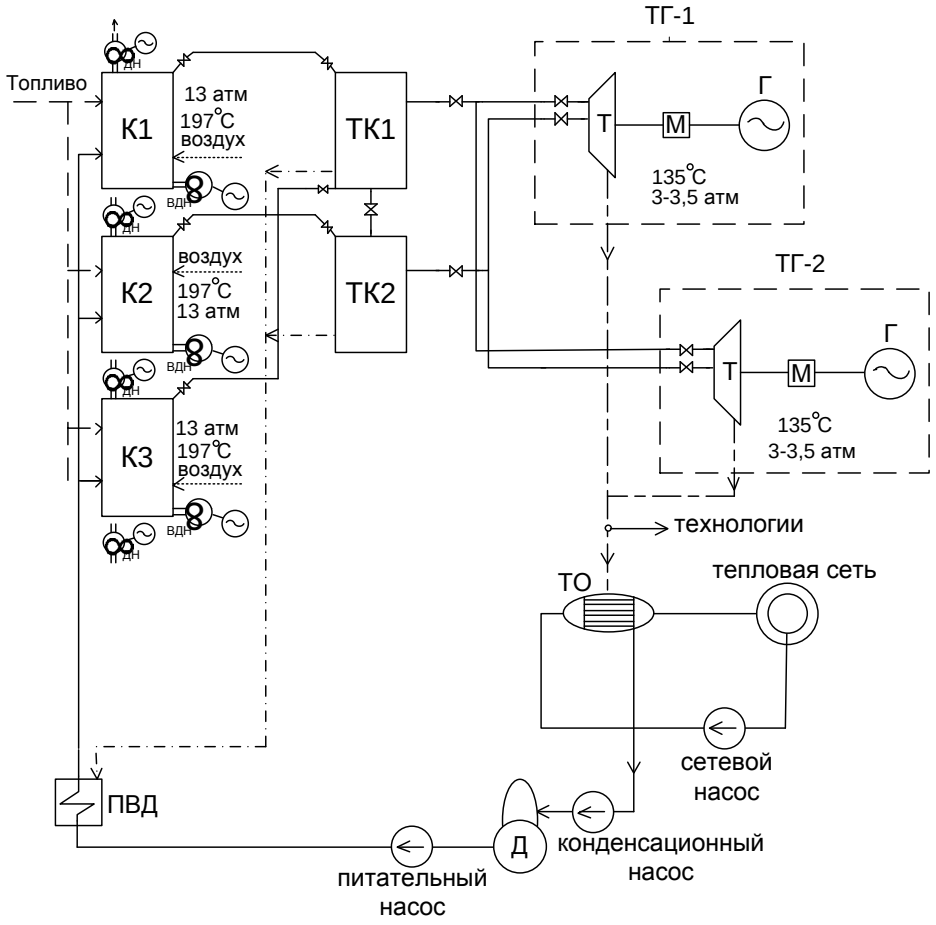


Рис. Технологическая схема МТЭЦ

Вырабатываемую электроэнергию можно использовать на собственные нужды котельной. К ним относятся:

1. Нагрузка вентиляторов.
2. Нагрузка дымососов.
3. Нагрузка экономайзеров.
4. Осветительная нагрузка.

Для данного типа и количества котлов суммарная нагрузка составит 650 кВт.

Генерируемую ЭЭ, прежде всего, необходимо использовать для питания электрооборудования котлов (собственных нужд).

Генерируемую ЭЭ, прежде всего, необходимо использовать для питания электрооборудования котлов (собственных нужд).

Таким образом, применение блочных турбогенераторов на базе промышленных котельных позволяет снизить себестоимость ЭЭ. Исходя из расчётов, её величина в 1,5-2 раза меньше, чем стоимость ЭЭ, покупаемой из внешней сети. Это достигается за счёт одновременного решения задач использования тепловой и электрической энергии в одном агрегате и отсутствия дополнительных эксплуатационных затрат на содержание блочных ТГ.

1. Смирнов, И.Н. Использование блочных турбогенераторов с турбинами с противодавлением в промышленных котельных / И.Н.Смирнов // Материалы межрегиональной научной конференции X Ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых : в 4 т. / М-во образ. и науки РФ ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда : ВоГУ, 2016. – Т. 1. – 276 с.

2. Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения [Электронный ресурс] / А.Н. Алюнов. – Режим доступа: http://online-electric.ru. Дата обращения: 29.10.2017.

3. ОАО «Калужский турбинный завод» [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://oaoktz.ru. Дата обращения: 29.10.2017.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗОЛЯЦИИ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Я. А. Усков

Научный руководитель ***А.Е. Немировский,*** *д-р техн. наук, профессор*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В технологии ремонта масляных трансформаторов важным этапом является сушка изоляции активной части.

В настоящее время для сушки изоляции активной части трансформаторов применяют различные методы, такие как циркуляция горячего масла, сушка горячим воздухом, сушка в стационарных сушильных шкафах и др. Все они относятся к тепловым [5].

На кафедре электрооборудования Вологодского государственного университета много лет проводится работа по применению электрокинетических явлений для сушки, влагозащиты, пропитки и диагностики изоляции различных видов электрооборудования.

Экспериментально установлено, что при определенных параметрах электрического поля электроосмотическая сила, возникающая в микрокапиллярах, столь велика, что способна вытолкнуть влагу из глубинных слоев на поверхность твердой изоляции, находящейся в масле [1].

Таким образом, электроосмотическая сушка является достаточно перспективным методом сушки изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов. Но конструкции систем изоляции трансформаторов в сравнении, например, с системой изоляции электродвигателей (ЭД) более сложны как геометрически, так и по разнообразию и количеству отдельных элементов. По этим причинам электроосмотическая сушка (ЭОС) изоляции трансформатора нередко протекает менее успешно в сравнении с ЭОС изоляции ЭД. В связи с этим необходимо построить модель электрического поля в трансформаторе при ЭОС. Такая модель может помочь в разработке мер по усилению электрического поля в наиболее проблемных местах изоляции для увеличения скорости ЭОС.

Нами рассматривается трехфазный, двухобмоточной трансформатор ТМН-6300/35-У1, производства российской компании ООО «Тольяттинский трансформатор». Данный трансформатор класса 35 кВ, с переключением ответвлений под нагрузкой (РПН) на стороне ВН в диапазоне ±4х2,5%, понижающий, предназначен для работы в сетях трехфазного переменного тока частотой 50Гц. В трансформаторе применено естественное масляное охлаждение [3].

Активная часть трансформатора состоит из магнитопровода стержневого типа, непрерывных катушечных обмоток, продольной и главной изоляции.

Магнитопровод шихтованный, изготовленный из пластин электротехнической стали марки 3408 толщиной 0,35 мм (рис. 1).

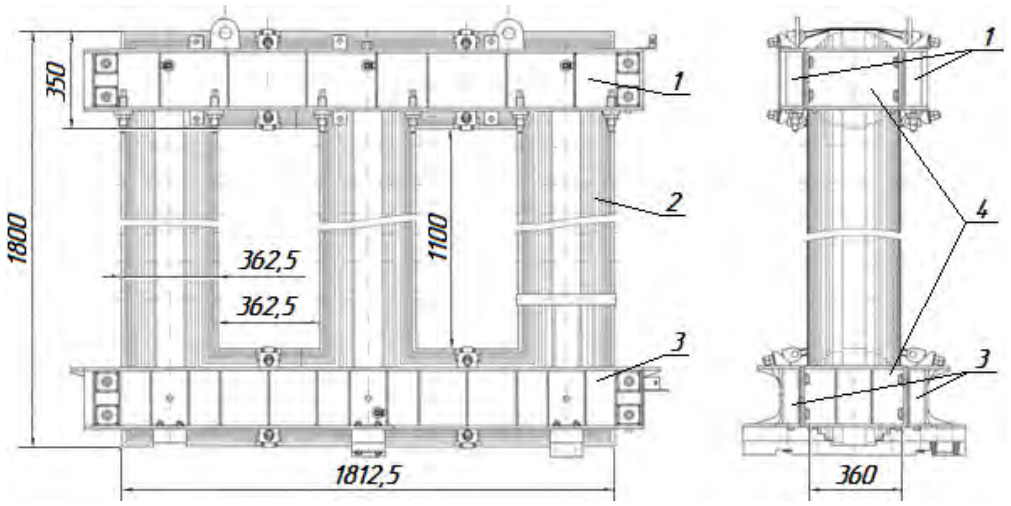


Рис. 1. Остов трансформатора ТМН-6300
(1 – балка ярмовая верхняя, 2 – магнитопровод, 3 – балка ярмовая нижняя, 4 – швеллер)

Обмотки состоят из ряда последовательно соединенных катушек, намотанных в виде плоских спиралей из одного или более проводов прямоугольного сечения и расположенных в осевом направлении обмотки, с радиальными каналами между частью катушек [4].

Обмотка низкого напряжения (НН) расположена между стержнем магнитопровода и обмоткой высокого напряжения (ВН). Она состоит из 10 катушек. На каждую катушку намотаны три параллельных алюминиевых провода с бумажной изоляцией марки АПБ-М 5,0х9,0/0,55 (рис. 2, а). Общее количество витков обмотки НН составляет 335.

Обмотка ВН состоит из 8 катушек с проводом марки АПБ-М 5,0х12,5/0,55 (рис. 2, б) и 2 катушек регулировочной обмотки (РО) с проводом марки АПБ-М 4,5х11,2/1,35 (рис. 2, в). На каждую катушку РО намотаны 8 параллельных проводов. Общее число количества витков обмотки ВН составляет 555, а РО – 14.

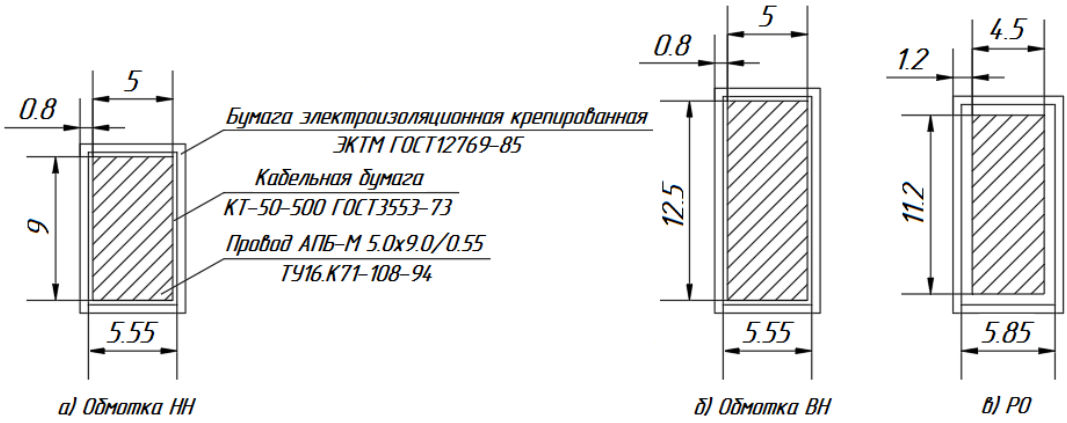


Рис. 2. Сечения и изоляция проводов АПБ-М

Катушки разделены друг от друга полосой толщиной 0,12 мм из кабельной бумаги марки КМП-120 по ГОСТ 23436-83 (рис. 3).

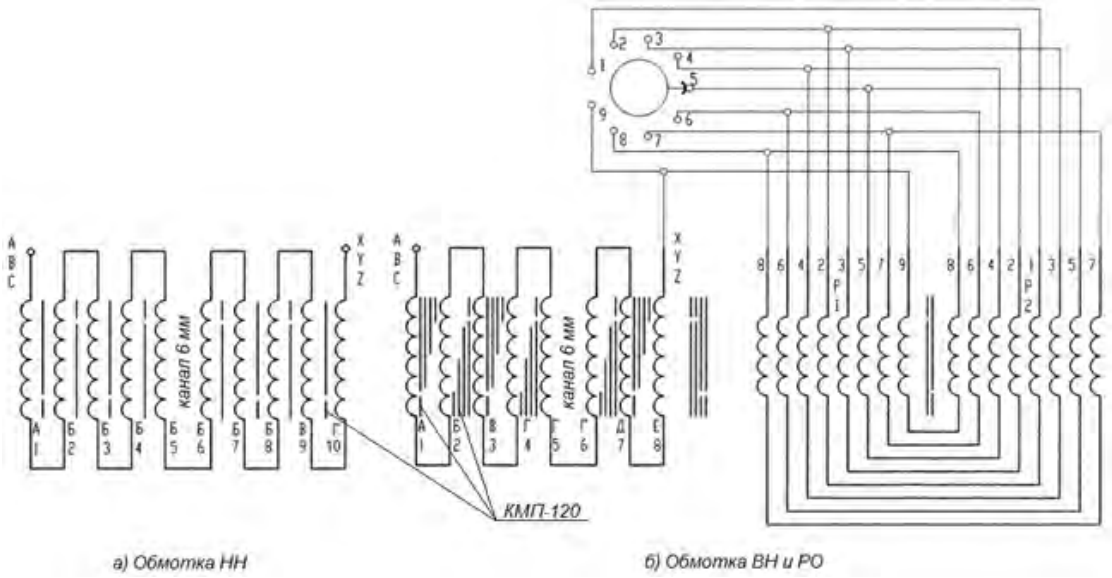


Рис. 3. Схема укладки межслоевой изоляции обмоток НН, ВН и РО трансформатора ТМН-6300

Главная изоляция активной части трансформатора ТМН-6300 представлена на рис. 4.

Используя все вышеприведенные материалы по конструкции активной части трансформатора ТМН-6300, в программном комплексе ELCUT, разработанным российской компанией ООО «ТОР», можно смоделировать активную часть данного трансформатора с целью построения картины электрического поля. Это позволит выявить активные части трехфазного трансформатора, в которых электрическое поле наиболее насыщено. Аналогично можно будет уточнить места ослабления электрического поля.

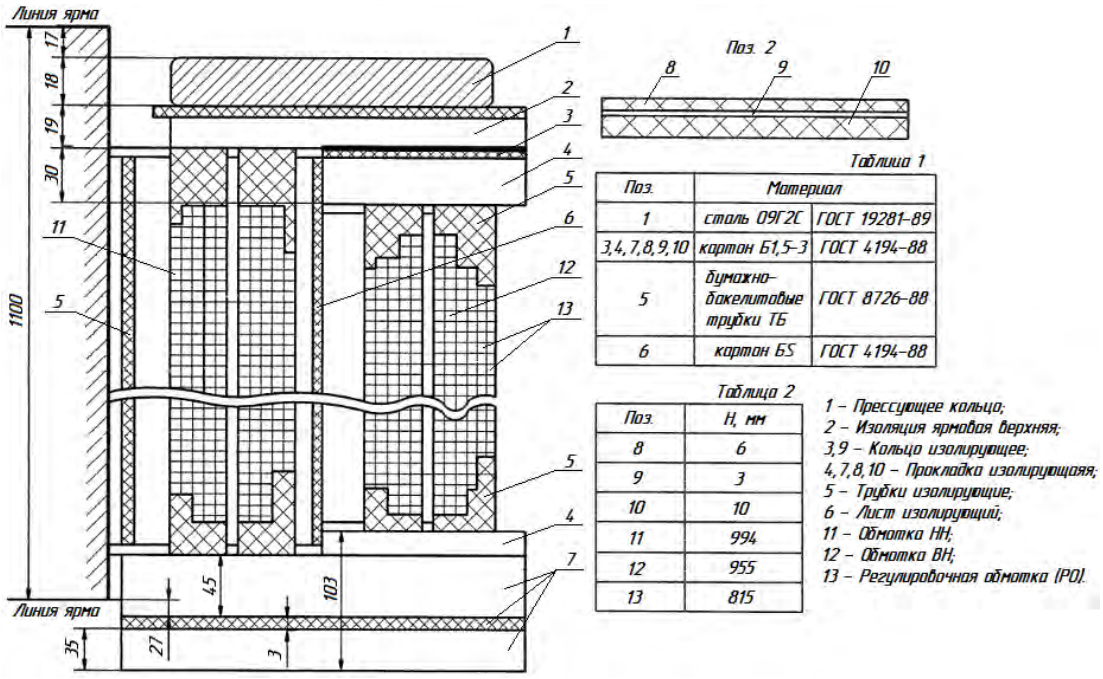


Таблица 1

Поз.	Материал	
1	сталь 09Г2С	ГОСТ 19281-89
3,4,7,8,9,10	картон Б1,5-3	ГОСТ 4194-88
5	бумажно-бакелитовые трубки ТБ	ГОСТ 8726-88
6	картон БС	ГОСТ 4194-88

Таблица 2

Поз.	Н, мм
8	6
9	3
10	10
11	994
12	955
13	815

1 – Прессующее кольцо;
2 – Изоляция ярмовая верхняя;
3,9 – Кольцо изолирующее;
4,7,8,10 – Прокладка изолирующая;
5 – Трубки изолирующие;
6 – Лист изолирующий;
11 – Обмотка НН;
12 – Обмотка ВН;
13 – Регулировочная обмотка (РО).

Рис. 4. Главная изоляция трансформатора ТМН-6300

В итоге можно продумать меры по усилению электрического поля в местах системы изоляции трансформатора, где оно ослаблено.

Эти меры сводятся к установке специальных экранов и изменению схемы подключения устройства электроосмотической сушки для снижения продолжительности ЭОС.

1. Немировский, А. Е. Особенности электроосмотического обезвоживания твердой изоляции маслонаполненных высоковольтных трансформаторов [Текст] / А. Е. Немировский, Н. К. Мороз // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. – 2003. – Т. 39. – С. 88-89.

2. Немировский, А. Е., Сергиевская И.Ю. Опыт эксплуатации устройств влагозащиты обмоток электрооборудования на предприятиях нефтегазового комплекса России / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская // 7-я Всероссийская НТК 29-30 января 2007 г. Тезисы докладов: Москва. – 2007. – С. 421-422.

3. Техническая информация. Трансформаторы масляные силовые ТМ, ТМН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electroshield.nt-rt.ru/images/manuals/tmn.pdf

5. Усков, Я. А. Электроосмотическая сушка изоляции обмоток в трансформаторе [Текст] / Я. А. Усков // Материалы межрегиональной научной конференции X Ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых / М-во образ. и науки РФ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2016. – Т. 1. – С. 54-58.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ЖОМА

О.И. Ховрин, О.С. Селиверстова
Научный руководитель ***А.Н. Качанов,*** *д-р техн. наук, профессор*
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
г. Орёл

На Залегощенском сахарном заводе в Орловской области для сушки жома применяется газовая барабанная сушилка. Высушивание переработанной свекольной стружки происходит в результате ее непосредственного соприкосновения с горячими потоками воздуха подаваемого вентилятором из газовой топки в рабочую камеру вращающегося барабана.

В процессе производства сахара на заводе постоянно возникает задача, связанная с утилизацией жома. Данный процесс является энергозатратным, повышающим себестоимость выпускаемой продукции. Другим вариантом, внедренным на предприятии, является технологический процесс сушки и гранулирования жома с целью его дальнейшего использования в качестве кормовой добавки для животных. Кроме того, сухой гранулированный жом меньше в объеме практически в три раза, что улучшает условия его хранения и транспортировки. На рис. 1 приведена установка для сушки и гранулирования жома, нагрев теплового агента (воздуха) обеспечивается путем сжигания газа, продукты сгорания которого оказывают вредное влияние на экологию.

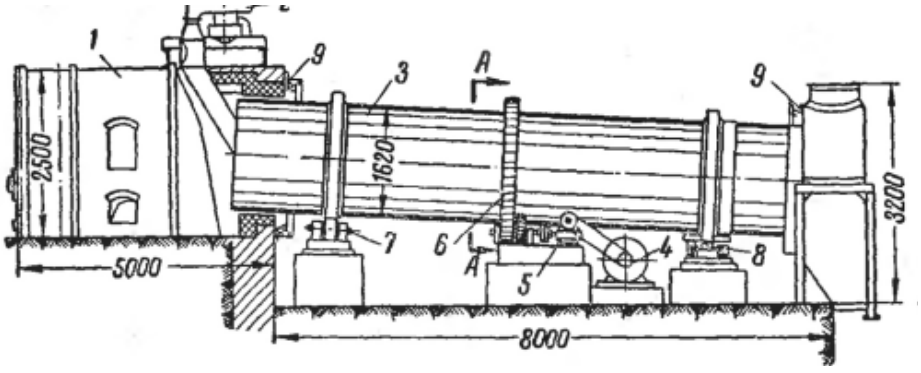


Рис. 1. Установка для сушки жома:
1 – топка; 2 – тарельчатый питатель; 3 – корпус барабана;
4 – электродвигатель; 5 – редуктор; 6 – зубчатая передача;
7 – опорные ролики; 8 – опорно-упорные ролики; 9 – лабиринтовые уплотнения

Для устранения негативного воздействия установки, в процессе её эксплуатации, на окружающую среду разработано техническое предложение,

суть которого заключается в замене пламенного способа нагрева на электрический [1]. В частности, для нагрева ферромагнитного корпуса барабана (3) предлагается применить индукционный способ нагрева в бегущем электромагнитном поле. Для этого, с минимальным зазором относительно внешней стенки, свободно вращающегося барабана, размещаются жестко закрепленные трехфазные примыкающие индуктора, как показано на рисунке 2.

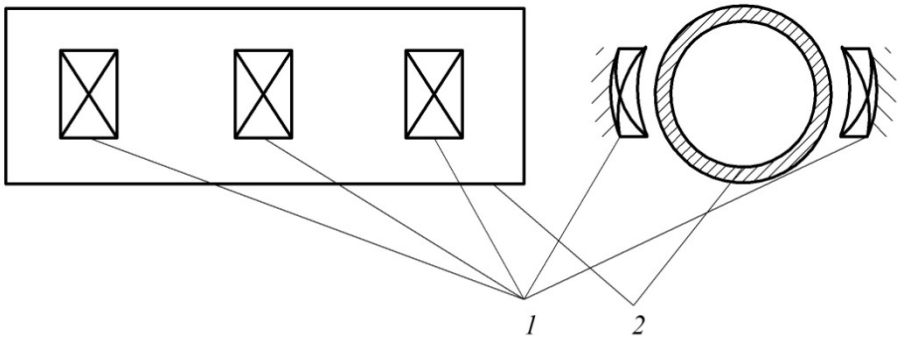


Рис. 2. Схема размещения индукторов относительно корпуса барабана установки: 1 – индуктор; 2 – корпус барабана.

Использование бегущего электромагнитного поля позволяет не только греть стенки барабана и, как следствие, находящийся внутри рабочего пространства жом, но и вращать барабан со скоростью, заданной технологическим режимом. Последнее обеспечивается согласным и встречным включением трехфазных обмоток индукторов [2]. Для уменьшения тепловых потерь внешняя поверхность барабана покрыта теплоизоляционным материалом.

Реализация предлагаемого технического решения позволит:

– уменьшить массогабаритные размеры модернизируемой установки;

– улучшить условия безопасности производства в цехе за счет исключения пламенного способа нагрева теплового агента;

– улучшить экологическую обстановку путем исключения выбросов продуктов сгорания газа в атмосферу;

– улучшить пищевые качества жома, за счет отсутствия в его содержании продуктов сгорания.

С целью определения требуемой мощности индукторов на первом этапе разработки технического предложения был проведен теплотехнический расчет [3], результаты которого представлены в таблице.

Таблица

Результаты теплотехнического расчета

Количество испарившейся влаги в час, кг/ч	960
Масса жома на выходе из сушилки, кг	3040

Окончание табл.

Потери тепла на нагрев жома, Дж/кг исп.вл.	302,9
Удельные потери тепла в окружающую среду через стенки шахты, Дж/кг исп.вл.	2,05
Удельный расход воздуха, кг/кг исп.вл.	1500
Часовой расход агента сушки, кг/ч	1317004
Объем влажного агента сушки, $м^3$/ч	1646255
Объем отработанного влажного агента сушки, $м^3$/ч	1311736
Удельный расход тепла, кДж/кг исп.вл.	5162
Часовой расход тепла на сушку, кДж/ч	5100056
Удельный расход тепла в установке для сушки жома, кДж/кг исп.вл.	1839
Часовой расход условного топлива, кг усл.т./ч	2685
Удельный расход условного топлива на одну плановую тонну, кг удел.т./пл.т	671
Количество теплоты необходимое для нагрева 4000 кг, кДж	152000
Потери мощности, кДж	4,55
Мощность индукторов, кВт	50,5

Сравнительные технико-экономические расчеты базового и предлагаемого вариантов модернизируемой сушильной установки подтвердили целесообразность использования бегущего электромагнитного поля для сушки и гранулирования жома.

1. Качанов, А.Н. Индукционный нагрев плоских металлических изделий в бегущем магнитном поле [Текст] / А.Н. Качанов // В сб.: Труды Алт ГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2000.

2. Качанов, А.Н. Модернизация индукционной установки для сушки шпона [Текст] / А.Н. Качанов, Ховрин О.И., Селиверстова О.С. // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.: Сборник материалов XV международной научно-практической интернет-конференции (15 марта – 30 июня 2017 г.) / Под. ред. О.В. Пилипенко, А.Н Качанова, Ю.С. Степанова. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева), 2017. – С. 128-130.

3. Иоффе, Н.И. Теплотехнический расчет барабанного сушила [Текст] / Н.И. Иоффе. – Ив. 1982. – 32 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Ю.С. Черникова
Научный руководитель ***С.В. Лукин,*** *д-р техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Целью данной работы является проектирование аппарата охлаждения воздуха для того, чтобы в летний период избежать снижения мощности и КПД газотурбинной установки.

Каждая из двух ГТУ фирмы Siemens V94.3A, входящих в состав парогазовой установки ПГУ-800, при номинальной мощности 279 МВт и при стандартных параметрах атмосферного воздуха (t = 15°C, p = 760 мм рт. ст.), имеет массовый расход воздуха, забираемого компрессором ГТУ из атмосферы, равный G_1 = 650 кг/с.

В летнее время, при повышении наружной температуры выше значения 15°C, из-за уменьшения плотности атмосферного воздуха происходит снижение массового расхода рабочего тела через ГТУ и ухудшение ее энергетических характеристик (уменьшение мощности и КПД).

Для снижения мощности и КПД газотурбинной установки предлагается охлаждать атмосферный воздух перед ГТУ в поверхностном воздухоохладителе, выполненном из труб со спирально-ленточным оребрением, омываемом снаружи воздухом.

В качестве холодильного агента, протекающего внутри труб, предлагается выбрать холодную воду, получаемую в абсорбционной холодильной установке, с температурой 1÷7°C. Нагрев воды в воздухоохладителе должен быть небольшим, не более 5°C.

Воздухоохладитель предназначен для охлаждения воздуха для одной ГТУ V94.3A при расчетном режиме на 10°C, от 25°C до 15°C.

Для уменьшения наружных геометрических размеров и массы воздухоохладителя в качестве теплообменных поверхностей предлагается выбрать секции с шахматным расположением оребренных стальных труб.

Конструктивный расчет воздухоохладителя проводится для одного варианта оребрения: с высотой ребер h = 25 мм. Скорость воздуха в самом узком сечении пучков труб при средней температуре воздуха принимается равной w_1 = 8 м/с. Средняя скорость воды внутри труб воздухоохладителя предварительно принимается равной $w_2 \cong 1$ м/с, потом ее значение будет уточнено.

Расчет ведем по методике, представленной в нормативном методе «Тепловой расчет котельных агрегатов» [1].

Результаты расчета основных параметров воздухоохладителя:

– Объемный расход воздуха, проходящий через воздухоохладитель при н.у. – 502,6 м^3/с;

– Расход воздуха через воздухоохладитель – 650 кг/с;
– Средняя температура воздуха в воздухоохладителе – 20 ^{0}C;
– Площадь проходного сечения для газов в пучках труб – 67,43 м^2;
– Число труб в секции – 54;
– Длинна трубы – 15,6 м;
– Ширина проходного сечения – 15,5 м;
– Площадь поверхности гладкой трубы внутри и снаружи – 1,176 м^2 и 1,568м^2 соответственно;
– Площадь боковой поверхности ребра – 0,00895 м^2;
– Площадь внутренней торцевой поверхности ребра – 0,0001 м^2;
– Площадь наружной торцевой поверхности ребра – 0,00026 м^2;
– Площадь поверхности теплообмена оребренной трубы – 29,99 м^2;
– Площадь поверхности теплообмена одной секции – 1619,64 м^2;
– Тепловой поток – 6,5 МВт;
– Площадь поверхности воздухоохладителя – 12595,7 м^2;
– Число секций по ходу воздуха – 2;
– Число рядов труб в воздухоохладителе – 4;
– Расход охлаждающей воды – 311,8 кг/с;
– Расход воды, проходящий через одну секцию – 40,095 кг/с;
– Расход воды, проходящий через одну трубу в секции – 0,74 кг/с;
– Скорость движения воды в трубе – 1,64 м/с.

Аэродинамический расчет воздухоохладителя проведем по методике, представленной в нормативном методе «Аэродинамический расчет котельных установок [2]. Полное аэродинамическое сопротивление равно 142,14 Па.

Конструктивные размеры труб принимаются следующие:
– наружный диаметр труб d = 32 мм;
– толщина стенки трубы $\delta_{тр}$ = 2 мм;
– внутренний диаметр труб $d_{вн}$ = 28 мм;
– шаг ребра $s_{реб}$ = 5 мм;
– высота ребра h = 25 мм;
– толщина ребра $\delta_{реб}$ = 1 мм;
– поперечный шаг труб S_1 = 72 мм;
– продольный шаг труб S_2 = 85 мм;
– относительные шаги $\sigma_1 = s_1/d = 2,25$; $\sigma_2 = s_2/d = 2,66$.

В качестве материала для труб берем легированную сталь (нержавеющую, устойчивую к коррозии, как при атмосфере, так и при агрессивных средах). Марка стали – AISI 316Ti (10Х17Н13М2Т). Эта марка нержавеющей стали содержит небольшое количество титана, повышающего прочность материала, делающего его устойчивым к высоким температурам, а также к ионам хлора. Доступная цена и высокие технические характеристики делают эту нержавеющую сталь очень популярной.

По объемному расходу воздуха подбираем осевой вентилятор типа ВГ 104. Рабочие колёса вентиляторов и диффузоров выполнены из композиционных материалов, обладающих высокой прочностью и коррозийностойкостью. Для химически агрессивных сред ступица и диск рабочего колеса изготавливаются из нержавеющей стали.

Проведем оценку капитальных затрат по массе оребренных труб и по стоимости осевого вентилятора.

Масса одной трубы без оребрения для данной марки стали – 42,79 кг;

Масса одной трубы с оребрением – 153,1 кг. В данном аппарате охлаждения 4 секции, по 54 трубы. Соответственно масса всех труб получается равной:

$$M = 153,1 \cdot 54 \cdot 4 = 33065,3 кг.$$

Оптовая цена одного килограмма стали – 150 руб/кг. Отсюда следует, что цена всех труб будет равна:

$$Ц_{ме} = 33065,3 \cdot 150 = 4959792 \, руб.$$

Стоимость осевого вентилятора ВГ 104 составляет 1 млн рублей. Стоит учесть стоимость изготовления и монтажа труб – возьмем 15% от стоимости металла:

$$Ц_{мон} = 4959792 \cdot 0,15 = 743968,8 \, руб.$$

Общая стоимость установки – 6703760,8 рубля.

Эксплуатационные затраты – это стоимость электроэнергии, потребляемой вентилятором (за час, сутки, месяц). Рассчитаю потребление электроэнергии по мощности электродвигателя. Мощность Р=230 кВт·ч

Допустим, что вентилятор в аппарате охлаждения воздуха будет работать 8 часов в день. Отсюда следует, что градирня использует – 1840 кВт·ч/день. Найдем месячный расход:

$$G_{мес} = 1840 \cdot 30 = 55200 \text{ , кВт·ч/мес}$$

Рассчитаем стоимость электроэнергии, приняв тариф для предприятий за 1кВт = 94,67 коп. Стоимость пользования электроэнергии:

- В час – 217,74 руб;
- В день – 1741,93 руб;
- В месяц – 52257,84 руб.

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под редакцией Н.В. Кузнецова и др., Москва, «Энергия», 1973. – 296 с.

2. Аэродинамический расчет котельных установок (Нормативный метод). Под редакцией С.И. Мочана. Издание 3-е. Ленинград, «Энергия», 1977.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

С.А. Чурбанова
Научный руководитель ***В.А. Бабарушкин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

При пуске электродвигателя должны удовлетворяться следующие основные требования: процесс пуска должен осуществляться без сложных пусковых устройств; пусковой момент должен быть достаточно большим, а пусковые токи – по возможности малыми. В ином случае эти недостатки негативно влияют на состояние электросети и создают критические динамические нагрузки на оборудование.

Целью настоящей статьи является исследование поведения асинхронного двигателя (АД) при пуске в различных эксплуатационных режимах.

Для моделирования пуска АД используется программный комплекс PowerFactory, который позволяет моделировать и анализировать электроэнергетические системы. Его преимуществами являются: многофункциональность; возможность создания пользовательских моделей; вертикально интегрированное программное обеспечение.

Для исследования пуска АД использовалась схема сети, представленная на рис. Схема содержит внешнюю сеть мощностью 300 МВт, системы шин различного напряжения, понижающие трансформаторы, синхронный генератор (СГ), комплексные нагрузки и АД. Каталожные данные элементов приняты согласно [1] и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Каталожные данные элементов

Трансформатор								
Обозначение	Марка	$S_{ном}$, МВ·А	$U_{ном\ ВН}$, кВ	$U_{ном\ НН}$, кВ	$P_х$, кВт	$P_{кз}$, кВт	$U_к$, %	$I_х$, %
Т1	ТДЦ	250	242	15,75	207	600	11	0,5
Т2	ТДНС	10	15,75	6,3	12	60	8	0,8
Т3	ТСЗ	1	6	0,4	2,45	10,4	5,5	1

Асинхронный двигатель											
Обозначение	Марка	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$, кВ	n, об/мин	cos φ	η, %	$k_п$	$m_п$	m_{max}	m_{min}	J, кг·м^2
М1	2АЗМ	3,2	6	2985	0,9	95,8	6,3	1,3	2,6	0,7	100
М2	4А	0,25	0,4	1482	0,9	92,5	5,7	1	1,9	-	2,9

Нагрузка		
Обозрение	$S_{ном}$, МВ·А	cos φ
Н1	3,4	0,9
Н2	0,225	0,9

Окончание табл. 1

Синхронный генератор											
Обоз-ние	Мар-ка	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$, кВ	cos φ	x_0	x_d	x'_d	x_q	x'_q	T'_d	T'_q
					x_2		x''_d		x''_q	T''_d	T''_q
G	ТВВ	220	15,75	0,85	0,11	2,32	0,3	2,45	0,336	0,9	0,999
					0,24		0,2		0,22	0,1	0,115

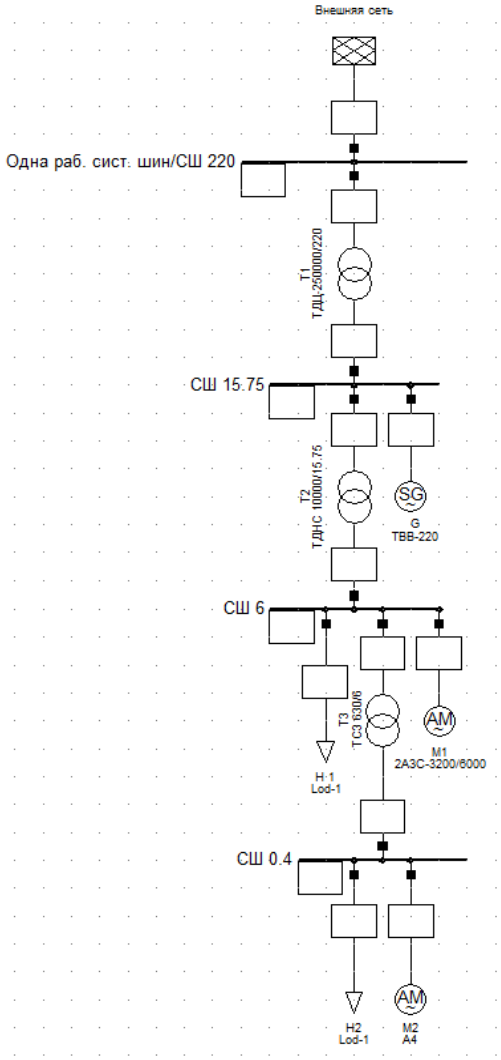


Рис. Схема сети

Для схемы, представленной на рис., исследовались следующие режимы пуска АД М2: нормальный режим, отключение внешней сети или СГ G при наличии и отсутствии регулирования напряжения при помощи РПН (регулирование под нагрузкой) на трансформаторе Т2 и ПБВ (переключение без возбуждения) на Т3. Расчет начальных условий и параметры пуска АД М2 для всех рассмотренных режимов представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Расчет начальных условий при различных режимах

Параметры	Без регулирования									С регулированием								
	Внеш. сеть	T1	G	T2	H1	M1	T3	H2	M2	Внешняя сеть	T1	G	T2	H1	M1	T3	H2	M2
Нормальный режим																		
P,МВт	6,62	6,62/ -6,02	0	6,01/ -5,97	3,05	2,5	0,42/ -0,41	0,2	0,21	6,6	6,6/ -6,01	0	6/ -5,96	3,05	2,5	0,41/ -0,4	0,19	0,21
Q, Мвар	-187,32	-187,32 /207,26	210,73	3,48/ -3,02	1,48	1,31	0,23/ -0,21	0,1	0,11	-187,33	-187,33 /207,26	210,8	3,49/ -3,04	1,48	1,34	0,22/ -0,2	0,09	0,11
cos φ	0,04	0,04	-0,00	0,87	0,9	0,89	0,88	0,9	0,89	0,04	0,04	-0,00	0,86	0,9	0,88	0,87	0,9	0,88
I, кА	0,49	0,49	7,73	0,25	0,32	0,27	0,04	0,32	0,34	0,49	0,49	7,73	0,25	0,32	0,26	0,04	0,3	0,34
Загрузка, %	10,26	82,94	81,43	69,43	–	–	46,56	–	–	10,26	82,95	81,43	69,4	–	–	44,81	–	–
Регулирование	–	–	–	0	–	–	0	–	–	–	–	–	-1	–	–	0	–	–
Отключение внешней сети																		
P,МВт	–	0/0,21	6,19	5,98/ -5,94	3,04	2,49	0,41/ -0,41	0,2	0,21	–	0/0,21	6,2	5,99/ -5,95	3,04	2,49	0,42/ -0,42	0,21	0,21
Q, Мвар	–	0/1,23	4,69	3,46/ -3,01	1,47	1,31	0,23/ -0,21	0,1	0,11	–	0/1,23	4,72	3,49/ -3,04	1,47	1,33	0,24/ -0,22	0,1	0,11
cos φ	–	0,17	0,8	0,87	0,9	0,89	0,88	0,9	0,89	–	0,17	0,8	0,86	0,9	0,88	0,87	0,9	0,88
I, кА	–	0,05	0,29	0,25	0,32	0,27	0,04	0,32	0,34	–	0,05	0,29	0,25	0,31	0,26	0,05	0,32	0,33
Загрузка, %	–	0,5	3	69,3	–	–	46,54	–	–	–	0,5	3,01	69,5	–	–	47,11	–	–
Регулирование	–	–	–	0	–	–	0	–	–	–	–	–	-1	–	–	-1	–	–
Отключение синхронного генератора																		
P,МВт	6,49	6,49/ -6,32	–	6,32/ -6,27	2,97	2,5	0,8/ -0,76	0,16	0,6	6,17	6,17/-6	–	6/ -5,96	3,05	2,5	0,41/ -0,4	0,19	0,21
Q, Мвар	5,68	5,68/ -4,63	–	4,63/ -3,98	1,44	1,17	1,36/ -1,19	0,08	1,11	4,53	4,53/-3,49	–	3,49/ -3,04	1,48	1,33	0,22 /0,2	0,09	0,11
cos φ	0,75	0,75	–	0,81	0,9	0,91	0,5	0,9	0,47	0,81	0,81	–	0,86	0,9	0,88	0,88	0,9	0,88
I, кА	0,02	0,02	–	0,32	0,35	0,29	0,17	0,32	2,24	0,02	0,02	–	0,28	0,32	0,26	0,04	0,3	0,34
Загрузка, %	0,47	3,8	–	86,48	–	–	174,2	–	–	0,42	3,37	–	76,49	–	–	44,88	–	–
Регулирование	–	–	–	0	–	–	0	–	–	–	–	–	-7	–	–	0	–	–

Таблица 3

Пуск двигателя 0,4 кВ

Режим	U до пуска СШ-0,4, о.е.	U АД миним пуск, о.е.	U АД после пуска, о.е.	$I_{нач}$, кА	$t_{нач}$, с	U до пуска СШ-6, о.е.	U миним пуск СШ-6, о.е.	U после пуска СШ-6, о.е.	Запуск
Нормальный режим без регулирования	1,012	0,908	1,003	2,536	3,395	1,02	1,006	1,018	да
Нормальный режим с регулированием	1,03	0,923	1,019	2,578	3,315	1,036	1,022	1,035	да
Откл. вн. сети без регулирования	1,012	0,907	1	2,535	2,382	1,02	1,004	1,016	да
Откл. вн. сети с регулированием	1,082	0,945	1,043	2,638	4,42	1,036	1,02	1,032	да
Откл. СГ без регулирования	0,912	0,817	0,817	2,286	–	0,92	0,906	0,906	нет
Откл. СГ с регулированием	1,002	0,921	1,018	2,572	3,406	1,034	1,02	1,033	да

При нормальном режиме активная мощность для питания элементов схемы поступает из внешней сети. Производимая СГ реактивная мощность распределяется между трансформаторами, через Т1 она передается во внешнюю сеть (табл.2). Регулирование напряжения на Т2 (-1х1,5%) позволяет увеличить на 1,5% напряжение на СШ-6, и, вследствие этого, увеличить напряжение на СШ-0,4, при этом уменьшается время пуска на 2,4% (табл. 3).

При отключении внешней сети СГ обеспечивает активной и реактивной мощностью комплексные нагрузки и двигатели (табл. 2). Регулирование напряжения на Т2 (-1х1,5%) и Т3 (-1х2,5%) позволяет увеличить на 1,5% напряжение на СШ-6,и на 6,5% напряжение на СШ-0,4 (табл. 3). Время пуска увеличивается на 46%, а начальный ток возрастает на 6,3% (табл. 3).

При отключении СГ уменьшается объем активной мощности, поступающей из внешней сети, т.к. уменьшаются потери в Т1 из-за прекращения подачи в сеть реактивной мощности. Увеличивается потребление реактивной мощности из внешней сети (табл. 2). Регулирование напряжения на Т2 (-7х1,5%) позволяет обеспечить возможность пуска АД 0,4 кВ, за счет увеличения напряжения на СШ-6 (11%) и как следствие возрастания напряжения на СШ-0,4 (9%), а также снижает потребление мощности двигателем М2 (на 65% активной и 90% реактивной) и уменьшает его ток на 85% (табл. 2, 3).

Результаты исследования показывают, что регулирование напряжения, а также изменение потоков мощности от источников питания оказывают влияние на режим пуска АД.

1. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б.Н. Неклепаев, 5-е изд. стер. – Москва: Энергоатомиздат, 2014. – 640 с.

УЧЕТ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ РАСЧЕТАХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

В.А. Юферицын
Научный руководитель ***О.С. Вяткина,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Для того чтобы рассчитать токи короткого замыкания для трансформатора с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), используются предельные положения регулятора напряжения. Это приводит к расширению диапазонов токов короткого замыкания (КЗ), повышает расчетные токи небаланса дифференциальной защиты трансформаторов и приводит к неточности в определении коэффициента чувствительности релейной защиты.

Этого можно избежать, если при расчете учесть ограничения, накладываемые на минимальное и максимальное значение напряжения в электрических сетях.

Для проверки данного утверждения рассчитаем токи КЗ с учетом выбора ступени напряжения и без учета. Проведем сравнение и установим, насколько это может повлиять на значения токов, по которым рассчитываются показатели релейной защиты и выбирается коммутационная аппаратура.

Приведем пример расчета токов КЗ на основе схемы, в которую включен двухобмоточный трансформатор. Данная схема сети представлена на рис.

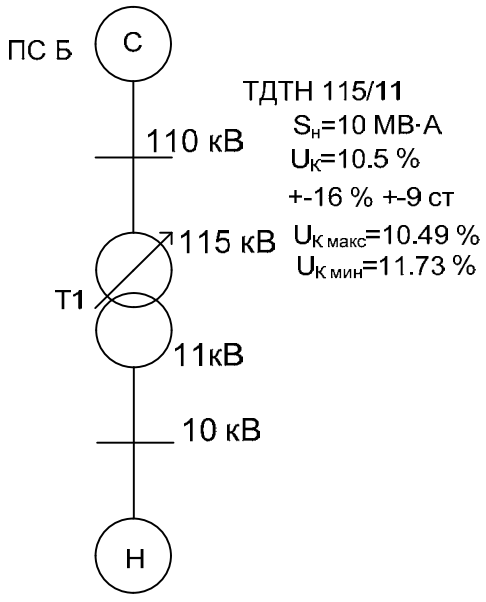


Рис. Расчетная схема сети

На стороне высокого напряжения (ВН) мощные трансформаторы оснащены устройством РПН. На стороне низкого напряжения (НН) трансформаторы поддерживают номинальное напряжение. Диапазон регулирования выбранно-

го трансформатора $\Delta U = \pm 16\% = \pm(9 \cdot 1{,}78)$, при номинальном напряжении $U_{\text{ном вн}} = 115$ кВ в сетях 110 кВ ГОСТ Р 55016-2012. Найдем величину напряжения при крайнем максимальном и минимальном положении регулятора РПН:

$$U_{\text{макс вн}} = U_{\text{ном вн}} \cdot \left(1 + \Delta U^*_{\text{рпн}}\right) = 115 \cdot (1 + 0{,}16) = 133{,}4 \text{ кВ};$$
$$U_{\text{мин вн}} = U_{\text{ном вн}} \cdot \left(1 - \Delta U^*_{\text{рпн}}\right) = 115 \cdot (1 - 0{,}16) = 96{,}6 \text{ кВ}.$$

Эти значения не могут использоваться в расчете, так как они превышают допустимые нормы. Максимальное напряжение не должно превышать 126 кВ по условиям изоляции ГОСТ 721-77, а минимальное напряжение 103 кВ – это ограничение по качеству электрической энергии ГОСТ 32144-2013.

Определим значения напряжения короткого замыкания с учетом наложенных ограничений. Переключатель РПН с диапазоном регулирования $\beta = 16\%$ имеет 9 ответвлений в положительную сторону и 9 – в отрицательную.

Одно ответвление соответствует изменению напряжения:

$$\delta = \frac{\beta}{9} = \frac{16\%}{9} = 1{,}778\%.$$

Одной ступени регулирования эквивалентно напряжение:

$$\Delta U = U_{\text{ном вн}} \cdot \left(\frac{\delta}{100}\right) = 115 \cdot \left(\frac{1{,}778}{100}\right) = 2{,}044 \text{ кВ}.$$

Найдем ступень напряжения, которая будет максимально близка к напряжению $U_{\text{макс вн}} = 126$ кВ:

$$N_+ = \frac{(U_{\text{макс вн}} - U_{\text{ном вн}})}{\Delta U} = \frac{(126 - 115)}{2{,}044} = 5{,}38.$$

Ближайшее ответвление $N_+ = 5$.

Получим напряжение на 5 ступени регулирования:

$$U_{\text{макс } N+ \text{ вн}} = U_{\text{ср вн}} + N_+ \cdot \Delta U = 115 + 5 \cdot 2{,}044 = 125{,}222 \text{ кВ}.$$

Напряжению $U_{\text{мин вн}} = 103$ кВ соответствует ступень с номером:

$$N_- = \frac{(U_{\text{мин вн}} - U_{\text{ном вн}})}{\Delta U} = \frac{(103 - 115)}{2{,}044} = -5{,}87.$$

Ближайшее ответвление $N_- = 6$.

Этому ответвлению соответствует напряжение:

$$U_{\text{мин } N- \text{ вн}} = U_{\text{ном вн}} - N_- \cdot \Delta U = 115 - 6 \cdot 2{,}047 = 102{,}733 \text{ кВ}.$$

При регулировании напряжения меняются коэффициенты трансформации, сопротивления и токи трансформатора, но напряжение на нерегулируемой стороне трансформатора НН остается неизменным и равным номинальному. [1]

По известным расчетным значениям напряжения короткого замыкания, приведенным в ГОСТ Р 55016-2012 для среднего (номинального) и обоих крайних положений устройства РПН, находим напряжение на выбранных ступенях регулирования: [1]

$$U_{\text{к макс } N+} = U_{\text{к ср}} + \left(\frac{N_+}{N_{\text{кр}}}\right) \cdot \left(U_{\text{к макс}} - U_{\text{к ср}}\right) = 10{,}5 + \left(\frac{5}{9}\right) \cdot (11{,}73 - 10{,}5) = 11{,}183\%,$$

$$U_{\text{к мин } N_} = U_{\text{к ср}} + \left(\frac{N_-}{N_{\text{кр}}}\right) \cdot \left(U_{\text{к мин}} - U_{\text{к ср}}\right) = 10{,}5 + \left(\frac{6}{9}\right) \cdot (10{,}49 - 10{,}5) = 10{,}493\%,$$

где $U_{к\,ср}$ – среднее напряжение короткого замыкания, $U_{к\,макс}$ $U_{к\,мин}$ – максимальное и минимальное напряжение короткого замыкания, $N_{кр}$ – крайнее положение переключателя.

При крайних ступенях положительного и отрицательного регулирования:

$$\alpha_{\text{мин}} = 1 - N_- \cdot \delta = 1 - 6 \cdot 0.0178 = 0.893,$$
$$\alpha_{\text{макс}} = 1 + N_+ \cdot \delta = 1 + 5 \cdot 0.0178 = 1.089,$$

где α – относительное отклонение напряжения от номинального на регулируемой стороне.

Коэффициент трансформации трансформатора, при максимальном и минимальном положении регулятора РПН:

$$K_{\text{т макс нн}} = \frac{U_{\text{т ном.вн}} \cdot \alpha_{\text{макс}}}{U_{\text{т ном.нн}}} = \frac{115 \cdot 1.089}{11} = 11{,}927;$$
$$K_{\text{т мин нн}} = \frac{U_{\text{т ном.вн}} \cdot \alpha_{\text{мин}}}{U_{\text{т ном.нн}}} = \frac{115 \cdot 0.893}{11} = 9{,}783.$$

Для проверки определим сопротивление трансформатора двумя способами.

Сопротивление на всех ступенях с учетом допущений: [1]

$$X_{\text{ном трансф}} = \frac{U_{\text{к ср}}}{100} \cdot \frac{{U_{\text{ном нн}}}^2}{S_{\text{т ном}}} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{115^2}{10} = 138.863 \text{ Ом},$$

где $S_{\text{т ном}}$ – номинальная мощность трансформатора.

$$X_{\text{вн макс}} = X_{\text{ном трансф}} + \left(\frac{U_{\text{к макс } N+}}{U_{\text{к ср}}}\right) \cdot {\alpha_{\text{макс}}}^2 = 138.863 + \left(\frac{11.183}{10.5}\right) \cdot 1.089^2 = 175.39 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{вн мин}} = X_{\text{ном трансф}} + \left(\frac{U_{\text{к мин } N_}}{U_{\text{к ср}}}\right) \cdot {\alpha_{\text{мин}}}^2 = 138.863 + \left(\frac{10.493}{10.5}\right) \cdot 0.893^2 = 110.7 \text{ Ом}.$$

Зависимость для определения сопротивления трансформатора: [2]

$$n_{\text{плюс}} = \frac{lg(\frac{U_{\text{к макс}}}{U_{\text{к ср}}})}{lg\ (\alpha_{\text{макс т}})} = \frac{lg(\frac{11.73}{10.5})}{lg\ (1.16)} = 0.746,$$

$$n_{\text{минус}} = \frac{lg(\frac{U_{\text{к мин}}}{U_{\text{к ср}}})}{lg\ (\alpha_{\text{мин т}})} = \frac{lg(\frac{10.49}{10.5})}{lg\ (0.84)} = 0.005,$$

где $\alpha_{\text{мин т}}$ $\alpha_{\text{макс т}}$– максимальное и минимальное отклонение напряжения, которое возможно на трансформаторе.

Определим сопротивление трансформатора с использованием найденных зависимостей:

$$X_{\text{ном трансф плюс}} = \frac{U_{\text{к ср}}}{100} \cdot (\alpha_{\text{макс}})^{n_{\text{плюс}}} \cdot \frac{(\alpha_{\text{макс}} \cdot U_{\text{ном вн}})^2}{S_{\text{т ном}}} = \frac{10.5}{100} \cdot (1.089)^{0.746} \cdot \frac{(1.089 \cdot 115)^2}{10}$$
$$= 175.5 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{ном трансф минус}} = \frac{U_{\text{к ср}}}{100} \cdot (\alpha_{\text{мин}})^{n_{\text{минус}}} \cdot \frac{(\alpha_{\text{мин}} \cdot U_{\text{ном вн}})^2}{S_{\text{т ном}}} = \frac{10.5}{100} \cdot (0.893)^{0.005} \cdot \frac{(0.893 \cdot 115)^2}{10}$$
$$= 110.7 \text{ Ом}.$$

В результате получены идентичные результаты сопротивлений трансформатора.

Можно предположить, что до момента короткого замыкания ток нагрузки был незначителен.

Максимальный аварийный ток, протекающий через трансформатор, приведенный к напряжению 110кВ при трехфазном коротком замыкании на шинах 11 кВ, найдем по формуле: [1]

Сопротивление системы: $X_{\text{с мин}} = 16.4$ Ом, $X_{\text{с макс}} = 8.2$ Ом.

$$I^{(3)}_{\text{т ав макс вн}} = \frac{U_{\text{мин } N+\text{ вн}}}{\sqrt{3}(X_{\text{с макс}} + X_{\text{т мин}})} = \frac{102{,}7}{\sqrt{3}(8.2 + 110.71)} = 498.7 \text{ А};$$

$$I^{(3)}_{\text{т ав мин вн}} = \frac{U_{\text{макс } N-\text{ вн}}}{\sqrt{3}(X_{\text{с мин}} + X_{\text{т макс}})} = \frac{125{,}2}{\sqrt{3}(16.4 + 175.39)} = 376.9 \text{ А}.$$

Минимальный ток на стороне 11 кВ:

$$I^{(3)}_{\text{т макс нн}} = I^{(3)}_{\text{т.ав.макс вн}} \cdot K_{\text{т макс}} = 498.7 \cdot 9.33 = 4656 \text{ А};$$

$$I^{(3)}_{\text{т мин нн}} = I^{(3)}_{\text{т.ав.мин вн}} \cdot K_{\text{т мин}} = 376.9 \cdot 11.38 = 4291 \text{ А}.$$

Значения при номинальных условиях:

$$I^{(3)}_{\text{т макс нн}} = 4616 \text{ А};\ I^{(3)}_{\text{т мин нн}} = 4148 \text{ А};\ K_{\text{т макс}} = 12.129;\ K_{\text{т мин}} = 8.78.$$

Погрешность с учетом принятых допущений составила:

$$\Delta I^{(3)}_{\text{т макс}} = 3.5\%\ ;\ \Delta I^{(3)}_{\text{т мин}} = 1.9\%;\ \Delta K_{\text{т макс}} = 6.5\%;\ \Delta K_{\text{т мин}} = 6.4\%.$$

Таким образом, в результате проведенного расчета токов КЗ удалось установить погрешность значений токов при использовании крайних положений регулятора типа РПН. При учете наложенных ограничений были определены значения, приближенные к реальным условиям и не выходящие за нормы ГОСТ. Данный способ расчета позволяет правильно выбрать защитную аппаратуру для трансформатора и определить значение уставок релейной защиты.

1. Авербух, А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. Л., «Энергия», 1975. – 416 с., с ил.

2. Беляков, Ю.С. Расчетные схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой и особенности расчета токов КЗ с их учетом. Конспект лекций – СПб ПЭИПК, 2006. – 68 с.

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ, МЕТАЛЛУРГИИ, ДЕРЕВООБРАБОТКЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И НА ТРАНСПОРТЕ»

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРИВОДА ПРОТЕЗА КИСТИ РУКИ

К. И. Белобрюшкова
Научный руководитель ***А.С. Степанов,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Существует доля людей, имеющих физиологические отклонения в виде нарушенной функции кисти или ее полного отсутствия, как правило, это последствия от полученных травм. Данные отклонения являются серьезными и приводят к частичной или полной потере работоспособности человека с получением группы инвалидности, кроме этого отсутствие работающей руки приводит к значительному ухудшению способностей человека даже на бытовом уровне. В настоящее время медицина предлагает для таких людей использование косметических или механизированных протезов. Такие протезы позволяют в большей части создавать видимость действующей конечности, в то время как механизированные протезы выполняют некоторый ряд операций, свойственных руке. Простейший механизированный протез позволяет удерживать предмет, а более сложные – изменять его положение в пространстве, выполнять почти полный спектр операций, свойственный человеческой руке [1].

Целью данного исследования является проведение анализа о возможности создания полноценного протеза с приведением расчета необходимого гидравлического давления для указательного пальца кисти руки, позволяющего выполнять функции кисти.

Чтобы создать протез руки необходимо провести анализ существующих механизмов управления. В ходе анализа было выявлено, что их существует три вида:

– рабочий протез – это приспособление, которое позволяет выполнять различные трудовые операции дома и на работе. Такие протезы производятся со сменными насадками, при этом все насадки необходимы для совершения конкретного действия в нужной трудовой среде;

– тяговый протез. Совершение действия происходит при помощи тяг и контролируется усилиями человека. Есть множество вариантов, где движение происходит при помощи тягового управления – плечо, локоть, лучезапястный

сустав, пальцы. Преимуществом данного механизма является возможность самопроизвольно контролировать усилие. При совершении хвата человек лично корректирует свое сжатие руки, скорость и имеет возможность почувствовать сопротивление, когда кисть упирается во что-либо и не может больше выполнять сдавливание. Недостатком данного механизма является то, что сила хвата ограничена возможностями человека. Тросы тяг прикрепляются к опорной части протеза и регулируются индивидуально каждый. Устройство устанавливается не только на сжатие всеми пальцами, но и на неполное сжатие в произвольном порядке;

– биоэлектрические протезы – это устройство, главным элементом которого является внешний источник энергии. Управление производится за счет сигналов, которые возникают при сокращении мышц руки человека. Культеприемная гильза оснащена миодатчиками, которые способны уловить изменение электрического потенциала. Передача нужной информации происходит на микропроцессор кисти, затем протез совершает нужное действие. Схема работы протеза представлена на рис. 1 [2].

Рис. 1. Схема работы протеза

Результаты исследования. Среди механизмов управления был выбран наиболее современный и более надежный механизм с применением электроники и использованием гидравлического управления пальцев. Произведен расчет гидравлической системы привода с шарнирным механизмом, схема данной системы изображена на рис. 2. Кинематическая схема изображена на рис. 3 [1].

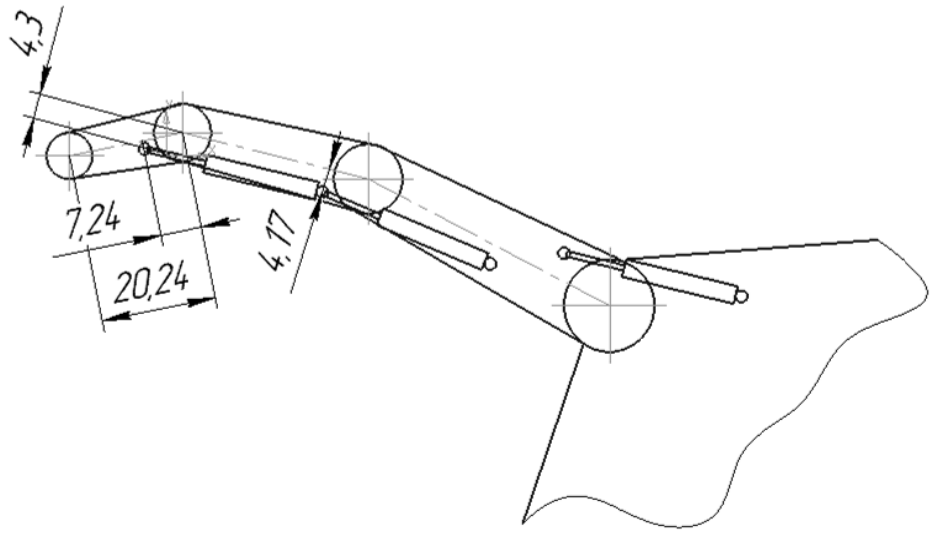


Рис. 2. Схема гидравлического привода пальца кисти

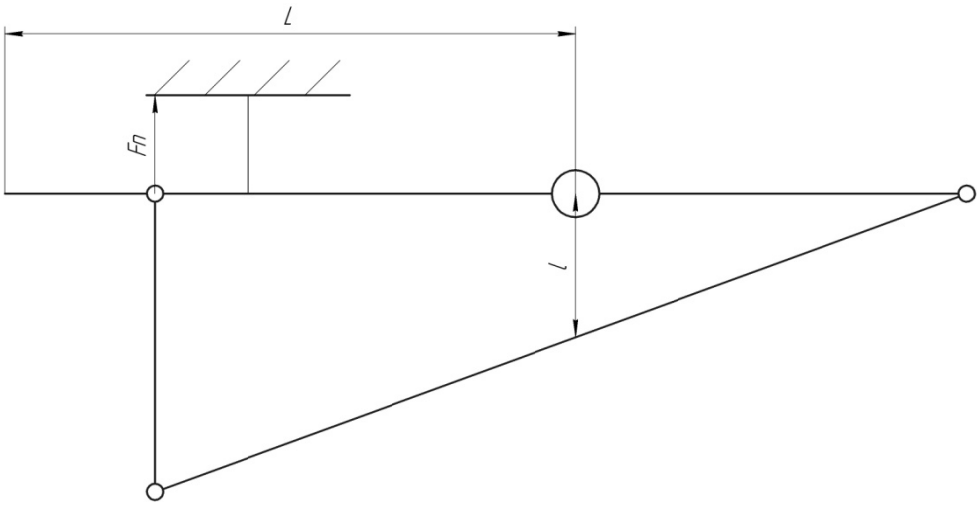


Рис. 3. Кинематическая схема

Необходимое гидравлическое давление жидкости в цилиндре для указательного пальца кисти руки рассчитаем по формуле 1, а также для определения неизвестных переменных воспользуемся формулами 2 и 3:

$$P = {}^{F_{ц}}/_{S_{д}}\ ,{}^{Кг}/_{см^2}. \qquad (1)$$

$$P = {}^{23,5з}/_{7,2в} = 3,23,{}^{Кг}/_{см^2}.$$

где $F_{ц}$ – сила действия цилиндра,

S_n – площадь цилиндра.

$$F_{ц} = {}^{F_{п} \cdot L}/_{l},Кг. \qquad (2)$$

$$F_{ц} = {}^{5 \cdot 2,024}/_{0,43} = 23,53, кг\ ,$$

где *L*– расстояние от конца пальца до места крепления цилиндра,

l – расстояние от середины пальца до цилиндра.

$$S_{п} = 2\pi \cdot r \cdot (r + h) см^2, \quad (3)$$

$$S_{п} = 2\pi \cdot 0,4(0,4 + 2,5) = 7,28, см^2,$$

где *r* – радиус цилиндра,

h – длина цилиндра.

Выводы. В ходе исследования был произведен расчет для биоэлектрического протеза с гидравлической системой управления с шарнирным механизмом, который имеет существенные достоинства. Исходя из расчетов, при диаметре рабочего цилиндра 0,8 см с длиной 2,5 см необходимо создание давления рабочей жидкости равное 3,23 кг/см^2.

1. Петров, В.Г. Технология изготовления протезов верхних конечностей / В.Г. Петров, Ю.И. Замилацкий, С.Ф. Курдыбайло, А.О. Андриевская, С.Е. Соболев, А.В. Антипов, Г.В.Чекушина. – Москва: Гиппократ, 2008. – 128 с.

2. Виды протезов рук [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа:http://motorica.org/vidy-protezov-ruk/.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УПАКОВОЧНОГО ПРЕССА

М.Г. Биричевский

Научный руководитель ***В.Н. Колпаков,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Повышение производительности пресса подразумевает увеличение количества спрессованного материала в единицу времени и впоследствии увеличение прибыли. Это может быть достигнуто несколькими способами: 1) повышением скорости хода механизма прессования, 2) увеличением длины хода механизма прессования и 3) увеличением камеры прессования. Целесообразнее применять первый способ, т.к. применение второго и третьего увеличит габариты или массу получаемого брикета, что в некоторых случаях может неблагоприятно сказываться на транспортировке как механической, так и ручной.

Пресс гидравлический упаковочный предназначен для упаковки в брикеты опилок, древесной стружки, шелухи, жмыха и других отходов.

При изготовлении таких брикетов обычно используют прессы, которые сжимают отходы примерно в 5 раз, давление, создаваемое на брикет может составлять до 30 тонн, при производстве брикетов на работу гидравлическая система потребляет в среднем 22 кВт·ч [1].

Данные пресса используются на многих предприятиях, в процессе работы которых появляется много сыпучих отходов, чтобы предотвратить чрезмерное их накопление.

Тема исследования актуальна, так как брикеты позволяют:

– транспортировать больше отходов, сокращая расходы на транспортировку, в связи с тем, что, находясь в сжатом состоянии, они занимают объем в 5 раз меньше по отношению к сыпучим;

– более эффективно складировать и производить внутренние складские перемещения, т.к. брикеты находятся на поддонах;

– хранить без дополнительного укрывания от неблагоприятных погодных условий, тем самым, исключая порчу товара;

– улучшить удобство в персональном использовании, сокращается время на транспортировку необходимого материала до нужного места выгрузки;

– производить учет величины запасов материалов.

Области применения брикетов: животноводство, удобрения, в строительной индустрии, в отоплении и т.д. [2].

Недостатками гидросистемы данного оборудования являются:

– появление повышенного давления при обратном ходе цилиндров;

– вибрации в гидросистеме;

– пониженная производительность в связи с тем, что подвод и отвод пуансона гидроцилиндра механизма прессования осуществляется на той же скорости, что и рабочий ход.

Предлагаемые пути решения проблем:

– проверить гидроцилиндр на жесткость;

– возможное внесение в схему управляющего устройства для осуществления быстрого подвода и отвода пуансона гидроцилиндра механизма прессования;

– уточняющие гидравлические расчеты с учетом сжимаемости жидкости;

– анализ динамических характеристик гидропривода.

Предлагается внести в гидравлическую схему станка управляющее устройство, состоящее из 2-позиционного распределителя и регулируемого дросселя, что позволит повысить скорость подвода и отвода механизма прессования и увеличить производительность примерно на 14% [3].

На рис. 1 представлена гидравлическая принципиальная схема станка с встроенным устройством регулирования скорости механизма прессования,

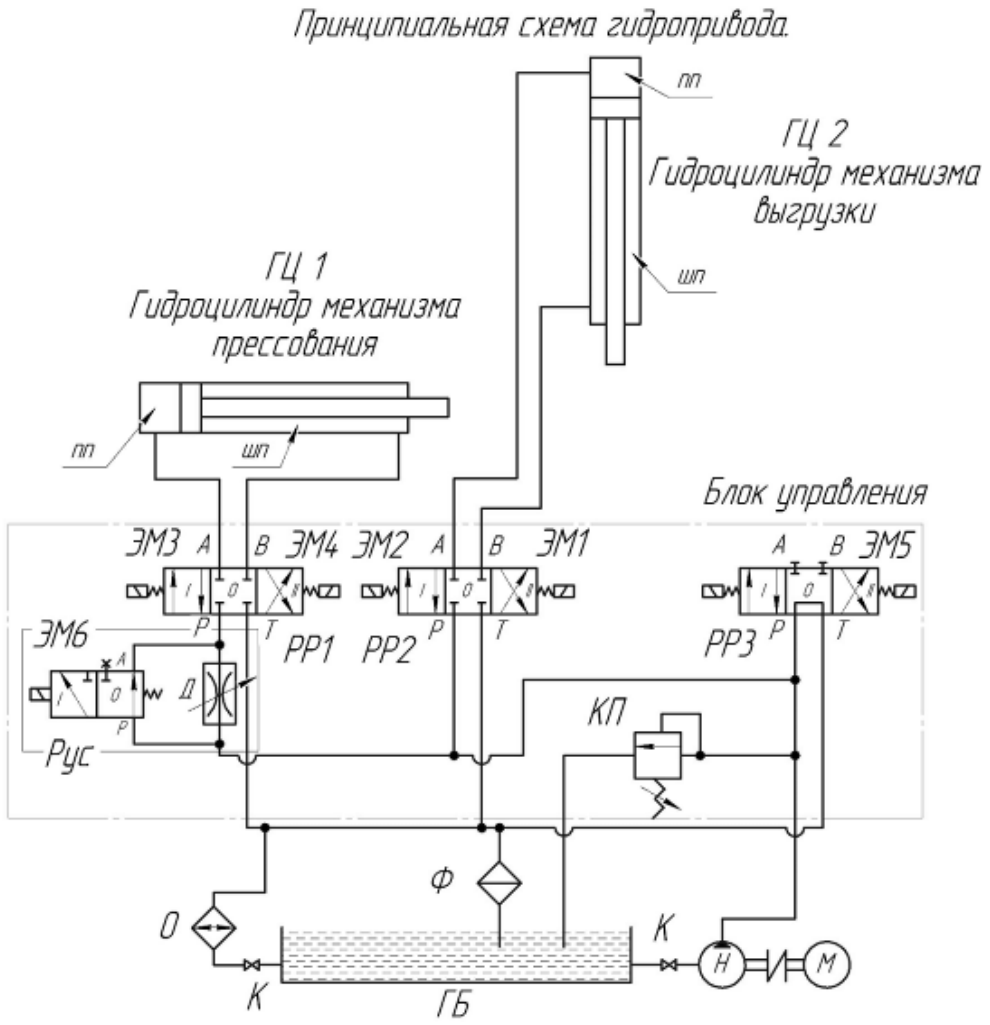


Рис. 1. Гидравлическая принципиальная схема

где М-двигатель; Н-насос; ГБ-гидробак; ГЦ-гидроцилиндр; КП-клапан переливной; РР(1,2,3) распределители; Д-дроссель; Рус-распределитель управления скорости; ЭМ-электромагнит; пп-поршневая полость; шп-штоковая полость.

Принцип действия гидравлической системы, согласно принципиальной схеме цикла работы гидропривода следующий:

Быстрый подвод ГЦ1: от кнопки «Цикл» включается ЭМ5 и ЭМ3. Распределитель РР1 переключается в позицию I, а распределитель РР3 – в позицию I. Схема движения потоков жидкости показана на рис. 2.

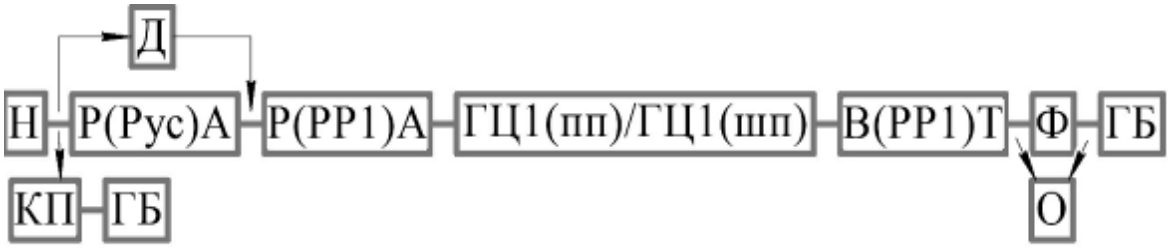


Рис. 2. Быстрый подвод ГЦ1

Рабочий ход ГЦ1: включается ЭМ6, распределитель Рус переключается в позицию 1. Схема движения потоков жидкости показана на рис. 3.

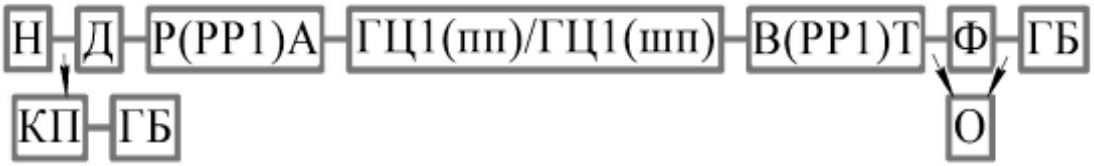


Рис. 3. Рабочий ход ГЦ1

Рабочий ход ГЦ2: отключается ЭМ3, распределитель РР1 переключается в нейтральную позицию 0, включается ЭМ2 и распределитель РР2 переключается в позицию I. Схема движения потоков жидкости показана на рис. 4.

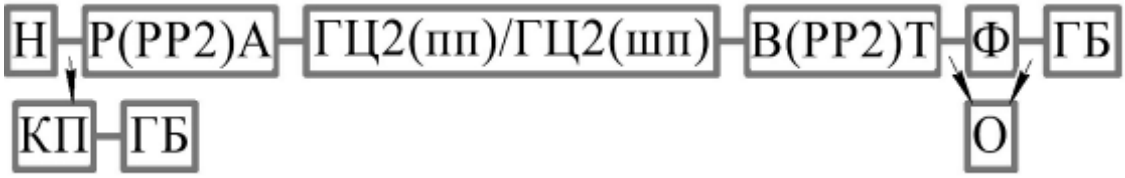


Рис. 4. Рабочий ход ГЦ2

Быстрый отвод ГЦ2: включается ЭМ1, распределитель РР2 переключается в позицию II. Схема движения потоков жидкости показана на рис. 5.

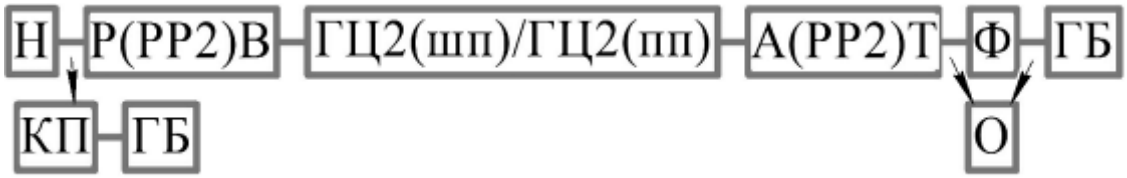


Рис. 5. Быстрый отвод ГЦ2

Быстрый отвод ГЦ1: отключается ЭМ1, распределитель РР2 переключается в нейтральную позицию 0, включается ЭМ4, распределитель РР1 переключается в положение II. Схема движения потоков жидкости показана на рис. 6.

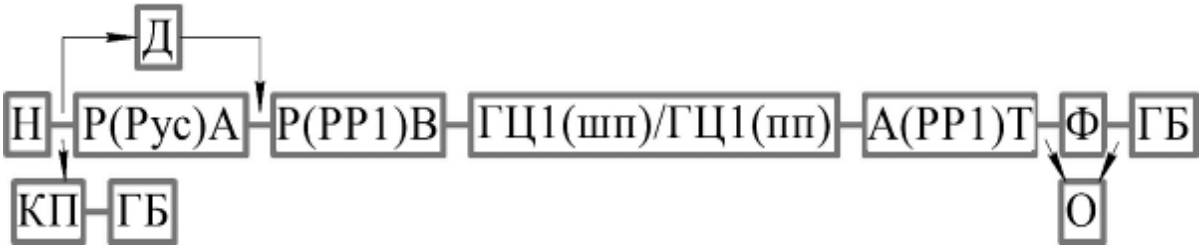


Рис. 6. Быстрый отвод ГЦ1

Затем цикл повторяется.

Вывод: для повышения производительности упаковочного пресса в данной статье были выявлены недостатки гидросистемы станка и предложены пути их решения, благодаря которым в дальнейшем может быть оптимизирована работа пресса и увеличена производительность.

1. Чижова, М. А. Технология композиционных материалов и изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 250403.65 «Технология деревообработки». Ч. 2. Технологии изготовления изделий из измельченной древесины / М. А. Чижова, А. П. Чижов, А. И. Криворотова. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 44 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&.

2. Брикетирование древесных отходов / Д. В. Бастриков, О. В. Чибирев, В. А. Кацадзе [и др.] // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы [тринадцатой] Международной научно-технической конференции, 1-2 декабря 2015 г. / [редкол.: В. И. Мелехов, А. А. Фролов; отв. ред. Р. В. Дерягин]; ВоГУ. – Вологда, 2016 – С. 102-105. – Режим доступа: http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/les/book7/2016_les.pdf.

3. Свешников, В.К. Гидроаппаратура: Международный справочник: В 3 т. Т. 2. – ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2002. – 508 с.

РАСЧЁТ ПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ПРОЧНОСТНОГО АНАЛИЗА APM FEM

Д.Ю. Богданов

Научный руководитель ***А.С. Степанов,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

От начального этапа становления грузоподъемного оборудования, появлялись принципиально новые конструкции кранов мостового типа. Данные изменения были направлены на уменьшение веса крана, снижение трудоемкости производства, расходов при эксплуатации и времени на обслуживание и ремонт. На данный момент эти вопросы очень актуальны.

У кранов мостового типа металлоконструкция является базой, на которую устанавливаются все двигатели, редукторы и шкафы с электрическим оборудованием. При производстве металлоконструкций мостового крана расходуется большое количество материала. Работы по снижению массы металлоконструкции позволит снизить количество металлопроката, потребляемого для ее изготовления (металлоёмкость изделия).

В результате рационального (оптимизированного) использования материалов для производства металлоконструкции крана, затраты изготовителя будут уменьшены на массу сэкономленного металла. Снижение затрат на производство приведет к уменьшению стоимости конечного продукта (мостового крана), что позволит выпустить на рынок конкурентоспособный продукт, при условии сохранения грузоподъемности и режима работы оборудования.

Вновь конструируемая металлоконструкция крана обязана соответствовать нормативной документации и требованиям в области безопасности. При расчёте несущей способности вновь проектируемой металлоконструкции крана и возможности ее дальнейшей безопасной эксплуатации, проводятся необходимые расчеты на прочность и усталостную прочность.

Применение современных компьютерных технологий, при выполнении проверочных расчётов, позволяет реализовать достаточно сложные и трудоёмкие алгоритмы.

Данные технологии являются эффективным средством анализа напряженно-деформированного состояния конструкции, что позволяет реализовать многие инженерные задачи и подходы при проектировании.

Проверочные расчёты выполнены с применением программного продукта АРМ FEM.

Данный расчётный инструмент входит в систему автоматизированного проектирования Компас-3D, и служит для анализа твердотельной 3D-модели, который основан на методе конечных элементов с предварительной подготовкой исходной модели. Подготовка объекта (модели) к расчёту осуществляется внутренними инструментами комплекса, свойства материала задаются в начальном этапе построения модели. Далее используя встроенный расчётный модуль, задаём фиксацию модели, прикладываем необходимую нагрузку, разбиваем модель на конечно-элементную сетку с указанием величины и формы тетраэдра, генерацию сетки КЭ система делает автоматически.

Расчётный модуль АРМ FEM имеет достаточно широкий функционал, включающий в себя основные виды расчетов:

- Статический расчёт,
- Расчёт на устойчивость,
- Вычисление собственных частот и колебаний,
- Температурный расчёт.

По результатам проведенных вычислений можно получить следующие отчеты с визуализацией результатов:

- Карта распределения нагрузок, напряжений, перемещений и деформаций,
- коэффициент запаса прочности и устойчивости,
- колебания собственные, их форма и частоты.
- карта по распределению температуры, а также координаты центра тяжести, массу конструкции и моменты инерции.

Расчёты проведены на объекте со следующими основными техническими характеристиками:

Кран мостовой однобалочный опорный:

Грузоподъёмность -10т,

Пролёт крана -17м,

Высота подъёма-10м

Рабочие скорости: подъема 4 м/мин, передвижение крана 20м/мин, передвижение тали 24 м/мин.

Изменение веса мостового крана возможно и осуществляется путем изменения конструкции базового мостового крана (рис. 1).

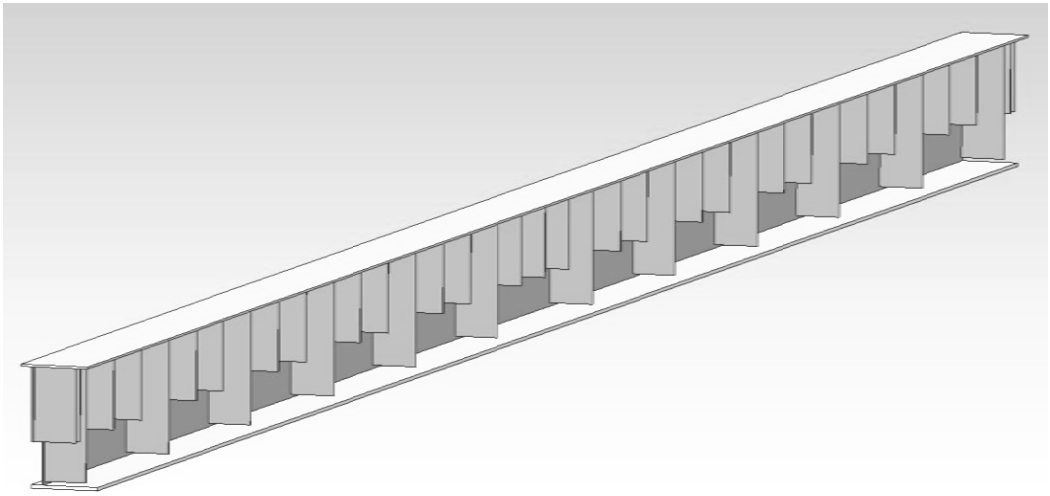


Рис. 1. Конструкция мостового крана

Один из вариантов снижения массы металлоконструкции мостового крана это использование диафрагм малых и больших с технологическим вырезом окна (рис. 2).

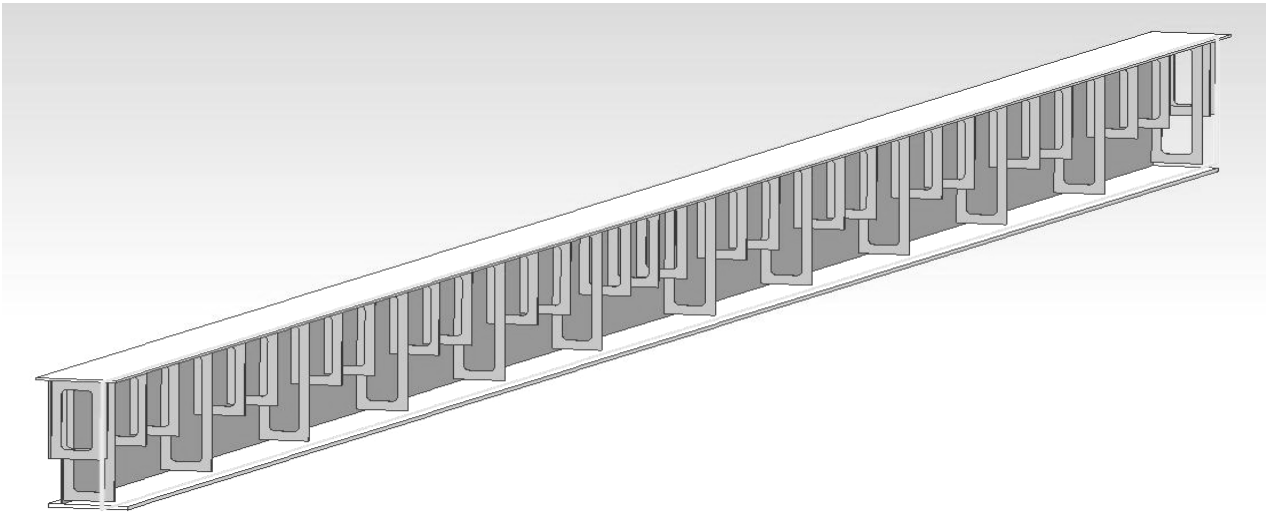


Рис. 2. Конструкция мостового крана с технологическим вырезом окна

Применяемое в конструкции изменение малых и больших диафрагм способствует экономии 3% от общей массы металлоконструкции крана. После внесения изменений, расчет производим заново уже оптимизированной модели пролетной балки крана. И сравниваем полученные результаты. Нагруженность конструкции проверяем по возникающим эквивалентным напряжениям σ экв. В результате воздействия статической нагрузки (согласно применяемым в краностроении нормам 1,25 от номинальной грузоподъёмности т.е. 125 кН).

Эквивалентное напряжение по Мизесу составило 134 МПа, при оптимизированной массе крана 84,97 МПа. Допустимый прогиб балки (не более 17мм) базовый кран 3,77 мм, оптимизированный 3,45 мм.

Выводы. Разработка конкурентоспособной продукции в короткие сроки, требует применения компьютерного моделирования с использованием встроенных модулей для проведения анализа и специализированных расчётов. Использование АРМ FEM на базе Компас-3D позволяет достаточно быстро получать данные по нагружению каждого элемента конструкции, и рационально подходить к проектированию металлоконструкции грузоподъёмного оборудования.

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.-448 с..

2.Руководство пользователя. АРМ FEM Система прочностного анализа для КОМПАС-3D / НТЦ «АПМ»,2015г.- 28с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ КОНТЕЙНЕРА-ТРАНСФОРМЕРА

В.Н. Зайцева

Научный руководитель ***А.С. Степанов,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Металлоконструкции имеют широкое применение. Основным материалом, как правило, является конструкционная сталь и отдельные виды проката из алюминия. Благодаря широкой области применения металлических конструкций существует несколько основных категорий готовой продукции.

Главными направлениями для применения металлоконструкций являются сооружения каркасов строений, усиление конструкции зданий и возведение опор [1].

Актуальность исследования. Технологии строительства модульного быстровозводимого жилья являются современным, развивающимся методом строительства жилых объектов, который привлекает к себе внимание, учиты-

вая его эффективность и рациональность [2]. При этом современные технические решения в строительстве тесно связаны с программами по расчету и моделированию конструкций. Если говорить о контейнерах-трансформерах (рис. 1, рис. 2), то без практической реализации в процесс работы программного обеспечения практически нельзя.

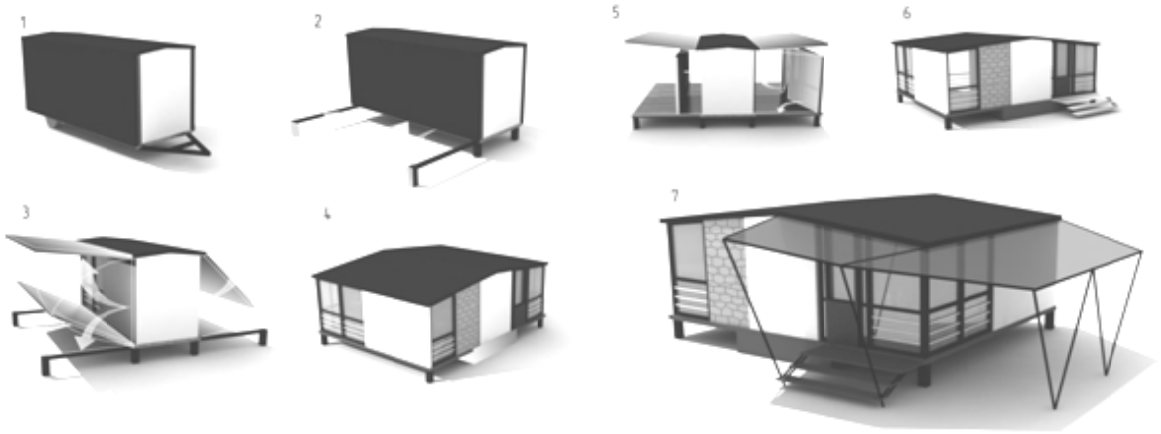


Рис. 1. Схема раскладки мобильного дома путешественника

Как правило, металлоконструкции работают в упругой зоне. Иногда, при экстремальных нагрузках, металл переходит в зону пластической деформации. При этом прослеживается перераспределение напряжений по всей металлоконструкции. В связи с этим, может возникнуть аварийная ситуация эксплуатации трансформируемого контейнера.

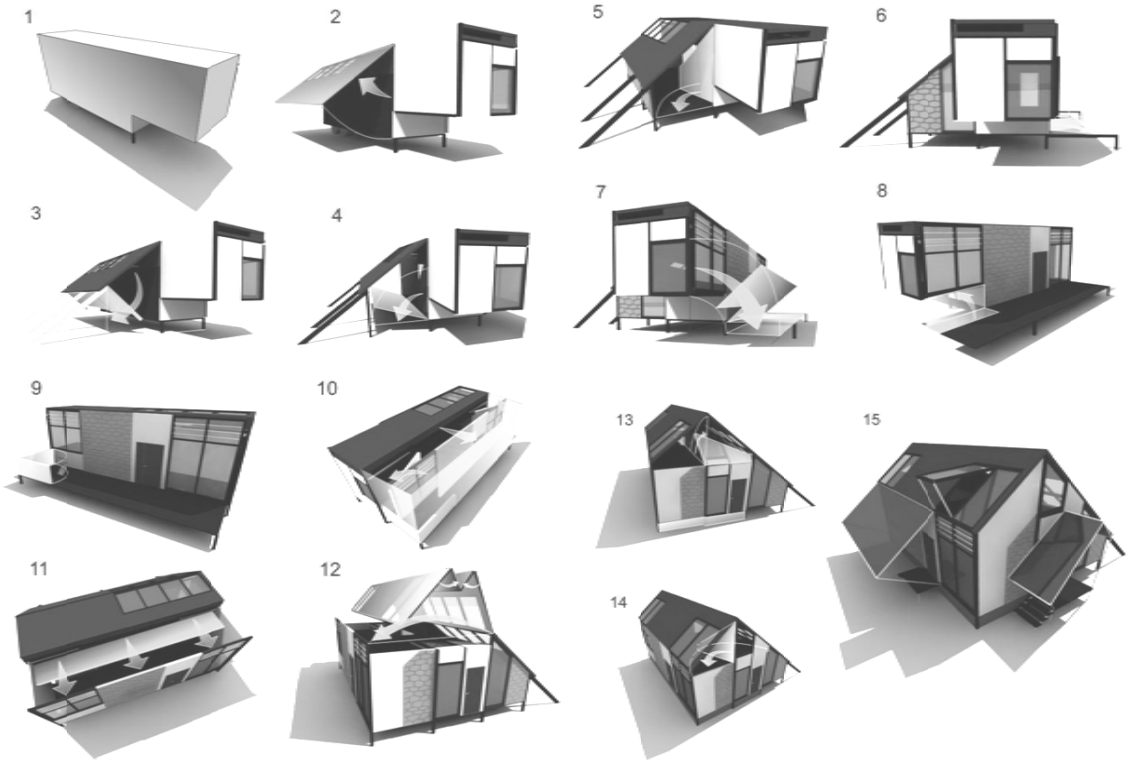


Рис. 2 Схема раскладки дома-трансформера

Целью исследования является выполнение расчета трансформируемого контейнера, разработанного на базе АО «СКДМ», на прочность для обеспечения безопасной эксплуатации металлоконструкции. Расчет металлоконструкций трансформируемого контейнера на прочность предполагает построение расчетной модели, определение и приложение нагрузок, расчет и анализ результатов.

Методика исследования. Для расчета металлоконструкций контейнера-трансформера использовались программы:

– Компас-3D;
– Solidworks;
– WinMachine.

Расчет металлоконструкций контейнера-трансформера проводится в два этапа:

1) Статический и динамический расчеты. Для данных расчетов следует составить расчетную схему, которая будет наиболее близко отвечать работе конструкции в реальных условиях и определить внутренние усилия в наиболее опасных сечениях проектируемой металлоконструкции: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы, определение прогибов [3].

2) Технологический расчет.

Итогами такого расчета являются: напряженность, деформация, коэффициент запаса прочности. Расчет выполняют с учетом того что, что значения усилий, напряжений, деформаций, перемещений не будут превышать предельных значений, которые установлены СНиП. Значения нагрузок, действующих на металлоконструкции, характеристики прочности материалов, из которых они изготовлены, и условия их эксплуатации характеризуются определенной изменчивостью и, как правило, отличаются от установленных нормами. В расчете по методу предельных состояний учитывается ряд коэффициентов: перегрузки, условий работы, надежности и др. Эти числовые значения коэффициентов приводятся в СНиП [4].

Результаты исследования. Ввиду разности инженерных подходов определения прочности трансформируемого контейнера итоговые показатели, рассчитанные в трех программных комплексах, незначительно расходятся. Возможными причинами расхождения являются:

– размеры ячеек конечных элементов;
– конструктивные факторы;
– методика расчета, заложенная в САПР инженерного анализа;
– типы расчетных моделей;
– расхождения в справочных данных физических величин.

Выводы. В результате проведенного анализа было установлено, что существуют различные подходы к расчету прочности металлических конструкций. Итоговые показатели, рассчитанные в трех программных комплексах, незначительно расходятся.

1. АО «СКДМ» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.dormash.com

2. Быстровозводимые здания «ВолДом». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.voldom.com

3. Ушаков, И. Ф. Системы автоматизированного технологического проектирования в мелкосерийном и серийном машиностроении / И.Ф. Ушаков. – Москва: ВНИИТЭМР, 2005. – 36 с.

4. Митрофанов, С.П. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства / С.П Митрофанов. – Москва: Машиностроение, 2001. – 287 с.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

И.А. Залесова

Научный руководитель ***С.В. Яняк,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Концевые фрезы – это основные инструменты, используемые на современных фрезерных станках и обрабатывающих центрах с числовым программным управлением. Конструкция хвостовика-патрона должна быть адаптирована к станку с учётом автоматической смены инструмента.

Для установки концевых фрез на станке используются преимущественно цанговые патроны. Конструкция хвостовика – патрона должна быть адаптирована к станку с учётом автоматической смены инструмента. Для этого посадочное место хвостовика снабжается несамотормозящим конусом и замком. Элементы конструкции адаптированного хвостовика: несамотормозящий конус 7:24, призматическая канавка, резьбовое центральное отверстие. Конструкции патронов обычно достаточно сложны и нетехнологичны.

Мы предлагаем конструкцию патронов для станка с ЧПУ с унифицированным хвостовиком и сменной рабочей частью в виде цельнотвёрдосплавной вставки с двумя рабочими концами. Крепление вставки осуществляется с помощью разрезной конической самотормозящей втулки (рис. 1).

При разработке инструмента учитывались следующие положения:

1. Привязка к определённому станку. Станки, изготовленные разными фирмами, имеют свою строго определенную конструкцию посадочного места и присоединительные размеры. Предлагаемое решение может быть адаптировано к любой форме хвостовика.

2. В корпусе хвостовика (независимо от его конструкции) выполняется посадочное место: коническое отверстие под унифицированную втулку.

3. В связи с разнообразием рабочих размеров инструментов-вставок изготавливаются комплект унифицированных вставок, отличающихся друг от друга диаметром отверстия.

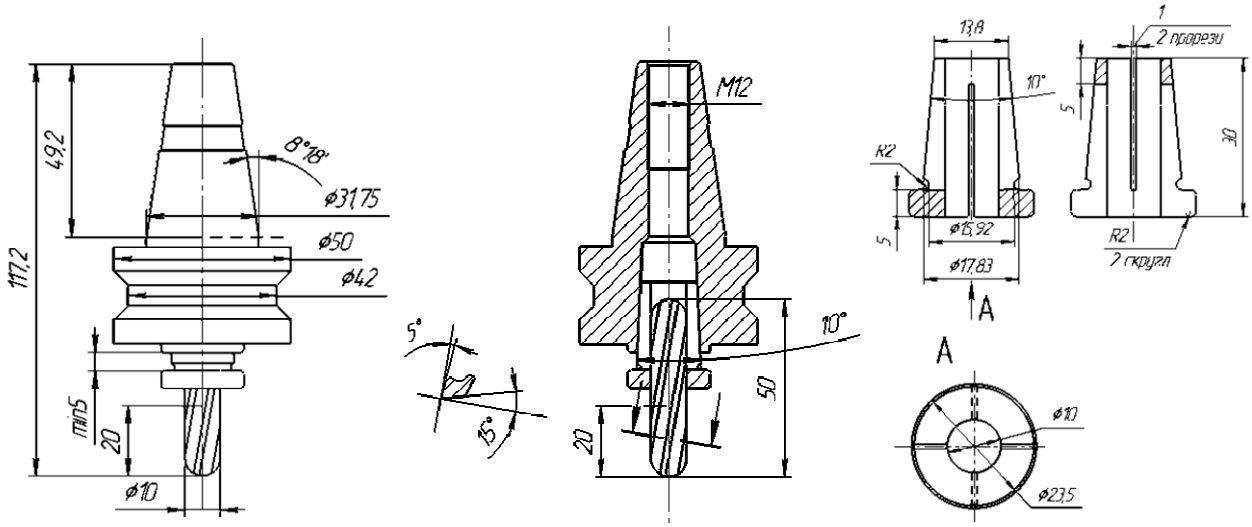


Рис. 1. Фреза для станка с ЧПУ с унифицированным хвостовиком, сменной рабочей частью и крепёжной втулкой

Предлагаемые вставки отличаются разнообразием конструкций: имеют разную форму рабочей поверхности (цилиндрическую, т – образную, коническую, сферическую). Вставки из твёрдого сплава группы ТК (Т5К10, Т5К12) обладают высокой износостойкостью, теплостойкостью, что обеспечивает высокую производительность обработки.

Сменные вставки могут иметь разную конфигурацию (рис. 2).

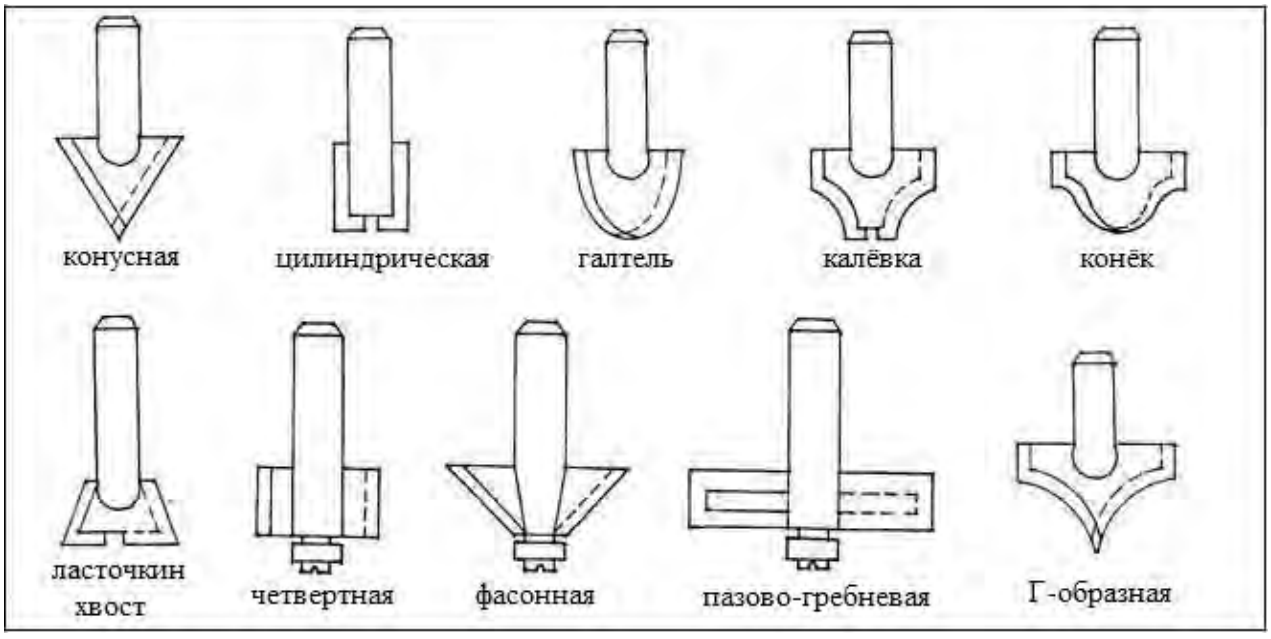


Рис. 2. Сменные вставки

4. В зависимости от требуемого характера контакта форма рабочего отверстия может быть различной (рис. 3).

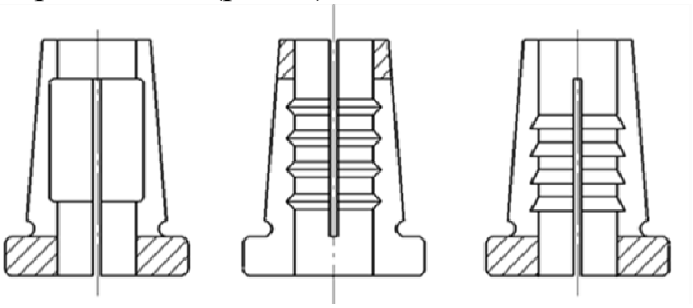


Рис. 3. Разрезные втулки с различными формами контактной связи

Встречаются детали со сложным профилем, обработка которых осуществляется методом сканирования. Для этого требуется инструмент с радиусом при вершине и способностью к врезанию.

Предлагаем особую форму твердосплавной вставки с эксцентричным углублением для создания одного полного лезвия (до оси инструмента). Другие лезвия становятся укороченными. Такая форма вставки позволяет работать как с боковым, так и с осевым движением подачи (рис. 4).

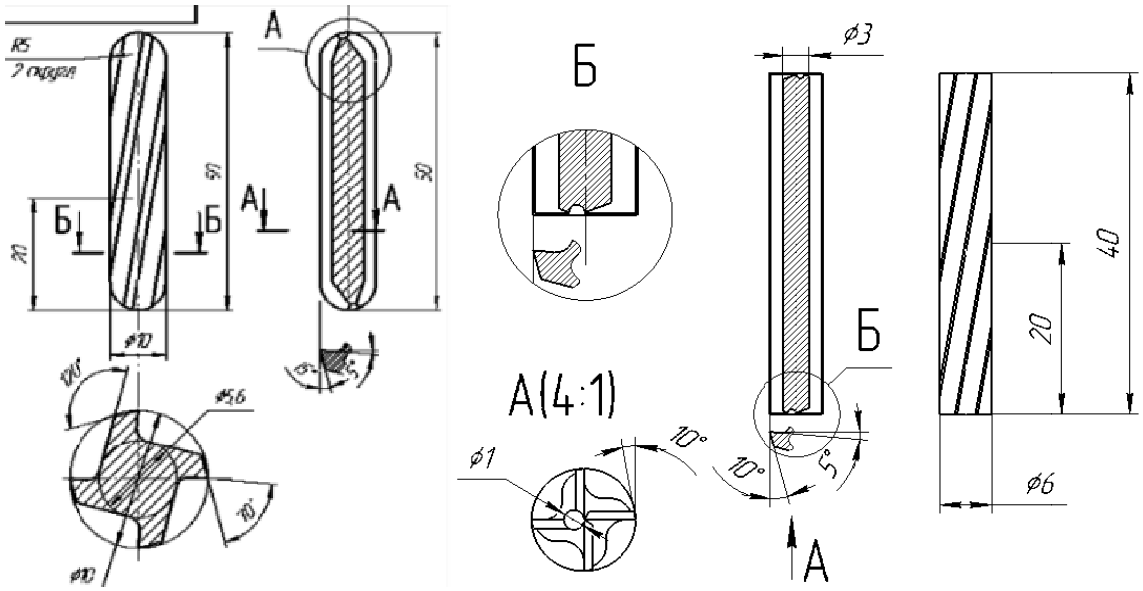


Рис. 4. Твёрдосплавная вставка с эксцентричным углублением

Вставка устанавливается с помощью разрезной конической втулки, забиваемой в коническое центральное отверстие корпуса. Центральное отверстие сквозное (для нештатного выбивания вставки). Штатное извлечение вставки и разрезной втулки выполняется с помощью изогнутого рычага, заводимого под упорный буртик втулки. Для облегчения и правильности установки инструмента предлагаем приспособление для сборки-разборки фрезы (рис. 5).

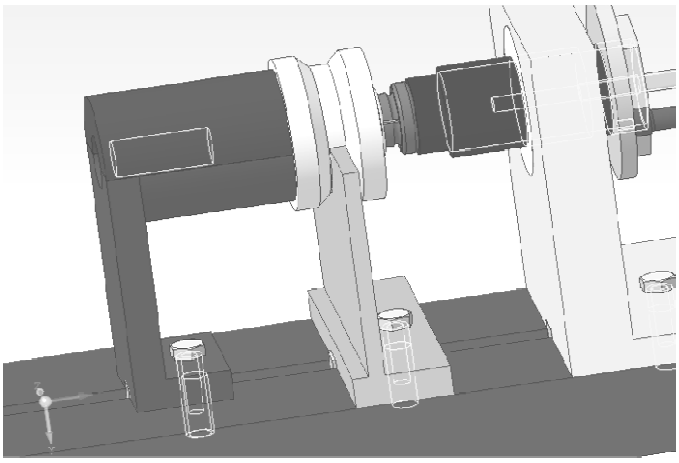


Рис. 5. Приспособление для сборки-разборки фрезы

Практическая ценность разработанной конструкции инструмента: простота и надежность конструкции (небольшое количество деталей, небольшое количество сопряженных поверхностей); адаптация к станкам с ЧПУ; повышенная жесткость конструкции; разные вставки позволяют обрабатывать разные по форме поверхности; расширенные технологические возможности (обработка наружных и внутренних поверхностей, гладких и негладких), возможность точной установки вылета инструмента.

1. Залесова И. А., Яняк С. В. Разработка унифицированной конструкции концевой фрезы для станков с числовым программным управлением / И.А. Залесова, С.В. Яняк // Содружество наук. Барановичи-2016: материалы XII международной науч.-практ. конф. молодых исследователей. Часть 2 – Барановичи, 2016. – С. 129-131.

2. Залесова И.А., Яняк С.В. Разработка унифицированного инструмента для станков с ЧПУ со сменной рабочей частью/ И.А. Залесова, С.В. Яняк // Современные материалы, техника и технологии научно-практический журнал №4. – Курск, 2016. – С. 63-67.

3. Залесова И.А., Яняк С.В. Специальная фреза для станков с ЧПУ/ И.А. Залесова, С.В. Яняк // Молодёжь и XXI век – 2017. Том 4– Курск, 2017. – С. 110-113.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДА РАСКАТА

А.В. Измайлов
Научный руководитель ***В.В. Яхричев,*** *старший преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Эффективная модернизация оборудования производства не возможна без автоматизированной подготовки конструкторско-технологической документации.

Тенденциями развития современного производства является процесс полного перевода на информационные технологии двух ключевых этапов жизненного цикла изделия – конструкторской и технологической подготовки производства. В ходе работы над проектом мне было выдано техническое задание по подготовке и разработке 3D-моделей привода раската с последующим создание рабочих чертежей. Проектирование сопровождалось проведением анализа напряженно-деформированного состояния отдельных деталей и узлов в системе АРМ WinMachine. Окончанием конструкторского этапа работы является сборка отдельных узлов и выход на общую сборку продольно резательного станка. В процессе работы были внесены отдельные модификации в модули и узлы. Второй этап – разработка технологии изготовления деталей, выполненных в системе Вертикаль, ориентированных на создание выделенного рабочего архива технологических решений, используемого для организации работы над проектом и параллельного инжиниринга. Для отдельных деталей были разработаны управляющие программы для оборудования с ЧПУ в системе SprutCAM (рис. 1, 2).

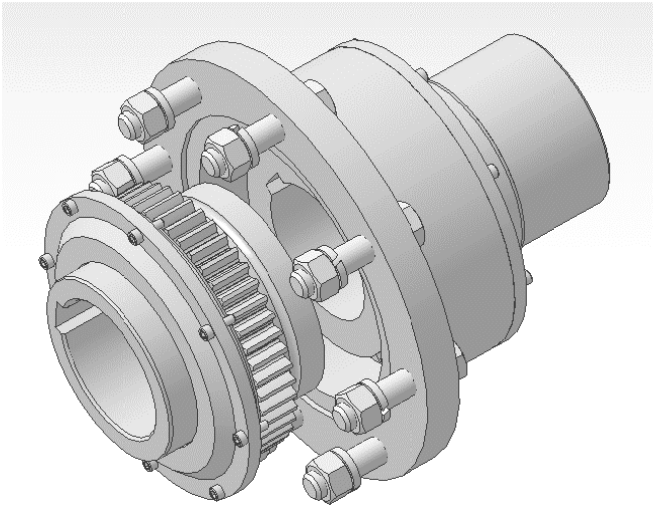


Рис. 1. Сборка зубчатой муфты

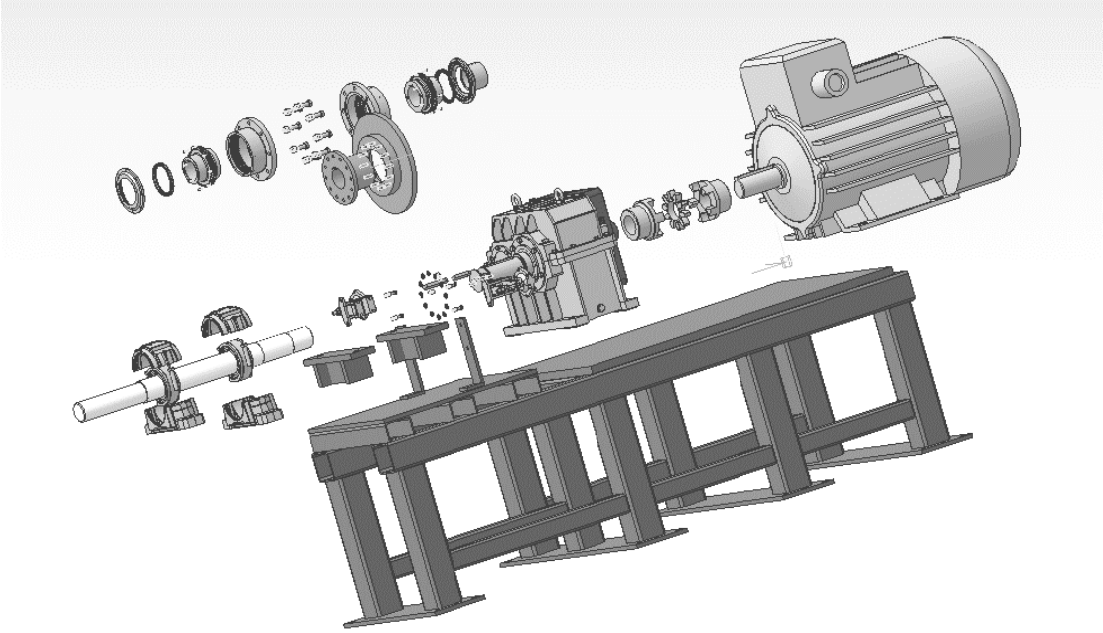


Рис. 2. Разнесенная сборка привода раската

Новизна работы заключается в том, что была выполнена адаптация эффективной гетерогенной системы автоматизации (платформа Лоцман-PLM) на базе выбранного комплекса программных средств: Компас-3D, Вертикаль, SprutCAM, АРМ WinMachine – отечественных разработчиков. Работа опирается на учебные курсы, практические занятия по САПР и опыт аналогичных работ за предыдущие годы, проводимых на кафедре "Технологии машиностроения" в ВоГУ.

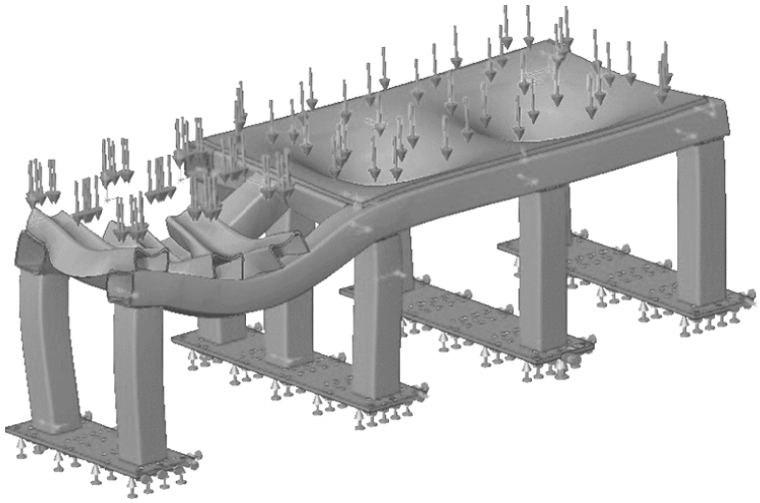


Рис. 3. Анализ НДС несущей конструкции

Дальнейшее развитие проекта предполагает модернизацию и накопление опыта для проектирования других технологических установок на данном предприятии, поддерживая программу правительства РФ по модернизации и импорт замещению. Автор проекта ставит в качестве первостепенной задачи не только знакомство, но и освоение CALS-технологий для работы в новых условиях машиностроительных производств на региональных предприятиях малого и среднего бизнеса.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ТОПОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

А.Ю. Карачев
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Срок службы измерительной аппаратуры определяется требованиями эксплуатации в сочетании с разнообразными внешними факторами, которые, как правило, носят циклический характер. В большинстве случаев учет влияния негативно влияющих факторов от термических деформаций на работоспособность системы осуществляется после проведения серии дорогостоящих, длительных и энергоемких натурных испытаний [1].

Теоретический анализ тепловых процессов требует решения системы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Аналитическое решение невозможно в виду сложной геометрии конструктива детали, поэтому приходится обращаться к численным методам, в частности, методу конечных элементов [2].

Исследуемая деталь – основание блока, выполненная из алюминиевого сплава АМг6, – является опорной частью сложной оптической системы. Вырез А (рис. 1) − зоной расположения чувствительных оптико-электронных компонентов. Температурные деформации в этой области являются причиной возникновения погрешности в работе оптического канала прибора.

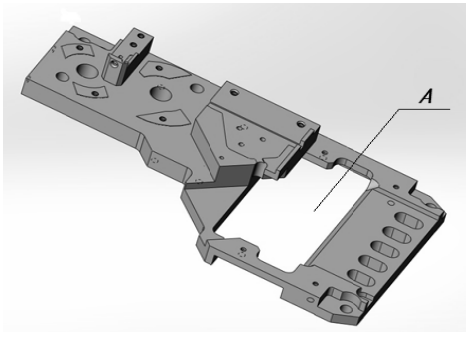


Рис. 1. Исследуемая деталь

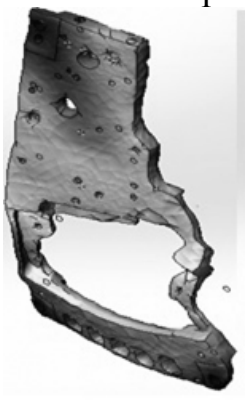


Рис. 2. Деталь подвернутая охлаждению -50°С

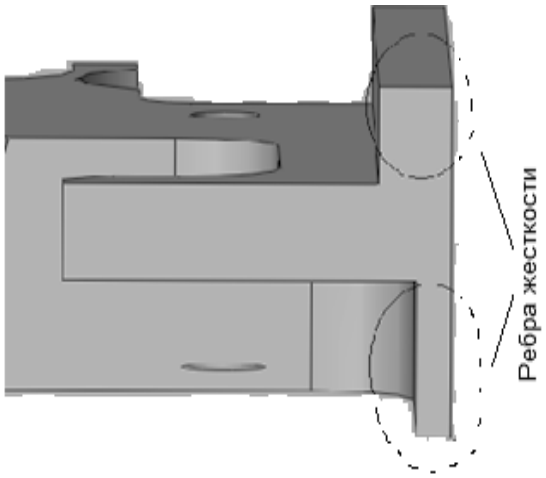
По техническим условиям система должна стабильно работать в температурном диапазоне -50°С ÷ 50°С. Критерий работоспособности системы − постоянство положения оптической оси. Для представления объективной информации, о характере влияния температурных деформаций на степень устойчивости системы, при изменении температуры в рамках заданного диапазона, нами выполнена количественная оценка геометрических параметров детали, посредством комплексного инженерного анализа Solid Works Simulation.

План эксперимента включает исследование напряженно – деформируемого состояния детали и указания стратегии по компенсации температурных деформаций. В процессе проведения эксперимента рассчитываются распределения напряжений и деформаций, затем определяются опасные зоны.

На рис. 2 показан характер деформаций при температуре -50°С. Результаты вычислительного эксперимента о распределении деформации по объему детали, свидетельствуют об изменении исходной конструктивной геометрии. Максимальные величины перемещений (0,057мм) сконцентрированы в зоне расположения светоформирующих элементов чувствительного измерительного прибора.

В целях минимизации деформаций предлагаются рассмотреть следующие варианты решения проблемы:

1. Конструктивное усиление локальных участков детали, в которых значения возникающих деформаций, максимальны. Исходя из жестких требований по конфигурации и размерам блока, предлагается сформировать два ребра жесткости в зонах наибольших деформаций (рис. 3). При этом идет несущественный расход материала и несущественное увеличение массы изделия.



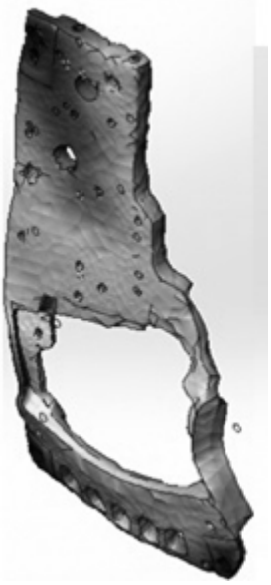


Рис. 3. Формирование ребер жесткости Рис. 4. Результирующее перемещение

Как видно из цветовой диаграммы (рис. 4), значение максимального смещения составляет 0,044 мм, результаты позволяют судить о снижении дефор-

маций (в 1,3 раза). Предложенный вариант полностью не исключает погрешность в работе канала.

2. Замена исходного материала на другой с меньшим коэффициентом температурного расширения. В подтверждении минимизации возникающих деформаций и перемещений был проведен статический анализ основания с другими материала. В качестве материала с меньшим коэффициентом теплового расширения был выбран сплав титана13V-11Cr-3Al и легированная сталь 40Х.

Результаты исследования на интервале рабочих температур (-50°С ÷ 50°С) группы выбранных материалов представлены на рис. 5. График отображает деформацию участка с максимальными термическими напряжениями в зависимости от температуры.

Значения максимальной деформации для детали из титанового сплава ниже, в сравнении с деталями, выполненными из сплава алюминия и стали. Основание, выполненное из титанового сплава, будет меньше подвергнуто различным деформациям и перемещениям. Однако, учитывая дороговизну и особенность технологической обработки титана, предпочтительнее будет применять заготовку из легированной стали. Значения деформаций для такой заготовки близки к значениям, полученными с титановой заготовкой.

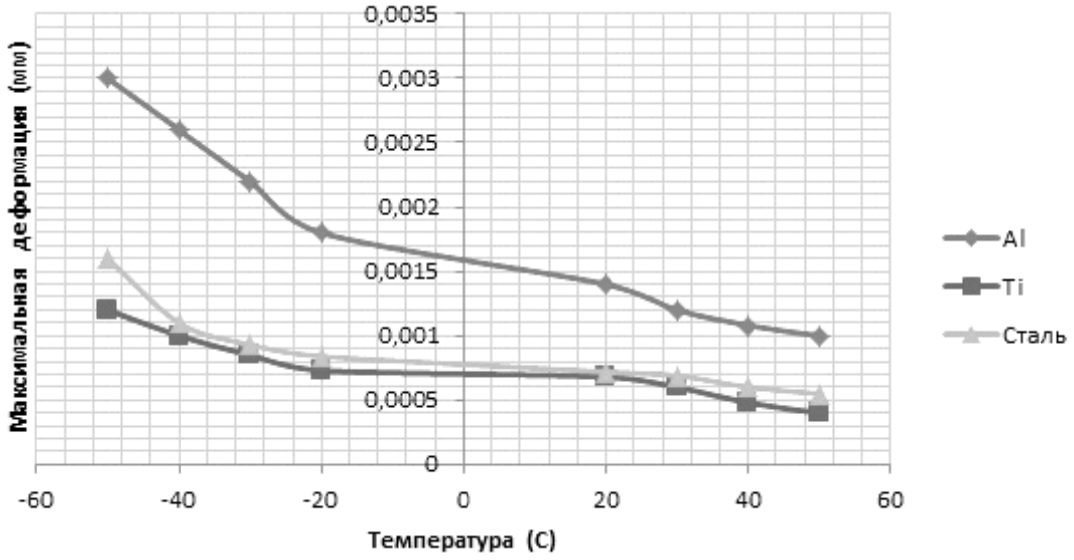


Рис. 5. Зависимость результирующей деформации от температуры

Результаты максимальных перемещений в точке концентрации максимальных термических напряжений приведены в таблице.

Таблица

Значения максимальных перемещений

Алюминий АМг6	Сплав титана **Ti**-13V-11Cr-3Al	Легированная сталь 40Х
0,058 мм	0,021 мм	0,027 мм

3. Комбинированный подход сочетания ребра жесткости и материала с меньшим температурным расширением. Изменив конструкцию, а так же поменяв исходный сплав детали на легированную сталь 40Х, получили следующие результаты вычислительного эксперимента (рис. 6).

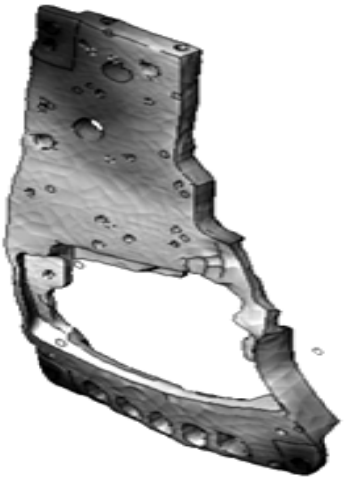


Рис. 6. Результирующие перемещения в комбинируемом варианте

Из эпюры видно, что значение максимального перемещения в сравнении с базовым вариантом снизилось в 2,5 раза (0,024 мм). Данное решение, из всех предложенных, является наиболее оптимальным.

Практическое применение результатов проведенного исследования актуально как при проектировании средств измерительно-управляющей аппаратуры, так и для проектирования других механизмов, работающих в условиях широкого диапазона циклично-изменяющейся температуры.

1. Латыев, С.М. Конструирование точных оптических приборов: учебник для вузов / С.М. Латыев. – Санкт-Петербург: ИТМО, 2007. – 283 с.

2.Михайловский, А.И. Влияние температурного градиента на работу информационно-пеленгационного блока модуля межспутниковой линии связи / А.И. Михайловский // Universum. Технические науки . электрон. научн. журн. – 2016. – № 6 (27).

АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕПАРАТОРАХ-ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯХ ТУРБИН АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

И.И. Касаткин, М.Ю. Егоров
Научный руководитель ***В.В. Сергеев,*** *д-р техн. наук, профессор*
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург

Актуальность. В турбинах насыщенного пара АЭС сепаратор-пароперегреватель обеспечивает допустимую влажность в цилиндре низкого давления, что повышает надежность и эффективность работы турбоустановки.

Опыт эксплуатации сепараторов-пароперегревателей показал целесообразность совершенствования конструкции аппарата и углубленного изучения протекающих в нем теплогидравлических процессов [1, 2].

Повышение эффективности и надежности оборудования АЭС позволяет уменьшить себестоимость производимой электроэнергии.

Цель работы – анализ гидравлических потерь в сепараторах-пароперегревателях турбин АЭС. Уменьшение гидравлического сопротивления по основному (перегреваемому) потоку пара повышает КПД турбин [3].

Выполнен анализ распределения гидросопротивления по нагреваемой среде в сепараторе-пароперегревателе со змеевиковым типом перегревателя [4].

Методы исследования. В работе проведен анализ теплогидравлических процессов в сепараторах-пароперегревателях [5], расчётным путём определены гидравлические потери нагреваемого пара в элементах сепарационной и перегревательной частей аппарата, греющего пара – в перегревательной части.

Одной из причин недостаточно полного осушения пара в сепарационной части является наличие мелких капель в потоке пара, образующихся в процессе сепарации, которые с существенной вероятностью могут покинуть сепаратор вместе с основным потоком пара [2].

В сепараторах жалюзийного типа при уменьшении расстояния между сепарационными пластинами и при увеличении скорости потока пароводяной смеси увеличивается эффективность сепарации, но одновременно с этим растут и гидравлические потери нагреваемой среды в аппарате [6, 7].

Эффективность сепарации повышается при использовании дренажных каналов, установленных перед поворотными участками в сепараторе. Такое конструктивное решение обеспечивает отбор сконцентрировавшейся на стенке влаги, уменьшая вероятность повторного уноса капель со стенок жалюзи, но в то же время увеличивает гидравлические потери [8].

Для проведения гидравлической компоненты расчета проведены оценки тепловых характеристик аппарата [9]. Исследуемый тип сепаратора-пароперегревателя включает в себя входную камеру – для приема пароводя-

ной смеси; направляющие лопатки; жалюзийный сепаратор – для отделения влаги из пара; двухступенчатый перегреватель – для перегрева нагреваемого пара.

Потери давления нагреваемой среды во входной камере, лопатках и жалюзийном сепараторе определены по характеристикам нагреваемой среды:
$\Delta p_{потерь} = \Delta p_{вх.кам} + \Delta p_{лопат} + \Delta p_{сеп}$, $\Delta p_{потерь} = f(G_{нп}^{вх.СПП}, p_{нп}^{вх.СПП}, y_{нп}^{вх.СПП})$.

Для расчета потерь давления использовалась формула Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho,$$

где ξ – коэффициент сопротивления участка; ρ – плотность среды.

В анализируемой конструкции пароперегревателя нагреваемый пар последовательно перегревается в межтрубном пространстве при поперечном обтекании горизонтально расположенных пучков труб. Греющий пар поступает в пучки горизонтальных спиральных змеевиков, рис. 1.

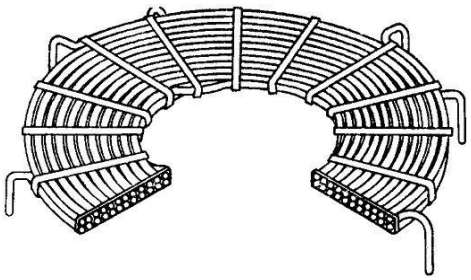


Рис. 1. Двухрядный элемент пучка змеевиковых спиральных труб

Коэффициент сопротивления на один ряд пучка пароперегревателя по нагреваемой среде зависит от режима течения нагреваемого пара:

$$\xi_{на\ 1\ ряд} = 0{,}32 \cdot (\frac{S_1}{d_1} - 1)^{-0{,}5} \cdot (\overline{s_1} - 0{,}9)^{-0{,}68} \cdot Re_{пучк}^{ср\ -0{,}2/\overline{s_1}^2},\ S_1 \geq S_2,$$

$\overline{s_1} = \frac{S_1 - d_1}{S_2 - d_1}$, S_1, S_2 – шаги труб по высоте, глубине, d – внешний диаметр трубы.

Потери давления греющей среды складываются из потерь во входном коллекторе, в трубах, соединяющих коллектор с камерой, потерь на трение во входных стояках и спиралях, в отводящих стояках и в трубах, отводящих конденсат из камер в собирательный коллектор.

Распределение гидравлического сопротивления и его анализ.

Суммарная потеря давления нагреваемого пара:

$$\Delta p_{нп} = \Delta p_{вх.кам} + \Delta p_{лопат} + \Delta p_{сеп} + \Delta p_{пучка\ 1} + \Delta p_{пучка\ 2} + \Delta p_{вых.уч}\ ;$$

$$\Delta p_{нп} = 5{,}26 + 1{,}96 + 0{,}05 + 4{,}3 + 8{,}35 + 1{,}66 = 21{,}6\ кПа.$$

Организованное таким образом распределение гидравлического сопротивления с существенной долей пароперегревателя (59%) обеспечивает выравнивание поля скоростей в блоке поворотных лопаток на входе в жалюзийный сепаратор и поддержание равномерного поля скоростей в жалюзийных элементах, а также на входе в перегревательную часть аппарата.

Относительное сопротивление аппарата составило:

$$\frac{\Delta p_{нп}}{\Delta p_{вх}} \cdot 100\% = \frac{21{,}6}{335} \cdot 100\% = 6{,}4\% .$$

Такая величина относительного сопротивления аппарата существенно (на 22%) ниже по сравнению с получившими широкое распространение сепараторами-пароперегревателями с прямотрубными перегревателями. Это принципиально важно, поскольку каждый процент потери давления перегреваемого пара снижает КПД паросилового цикла турбины на 0,05% [2].

Расчётное давление нагреваемого пара на выходе из СПП составило:

$$\Delta p_{нп}^{вых.СПП} = p_{нп}^{вых} - \Delta p_{вых.уч} ; \qquad \Delta p_{нп}^{вых.СПП} = 0{,}320\ МПа .$$

Суммарная потеря давления греющего пара в 1 и 2 ступенях пароперегревателя составила 0,015 и 0,0024 МПа соответственно.

Основную долю от полного сопротивления по греющей среде в пароперегревателе составляют потери на трение во входных стояках и спиральных змеевиках, 97% в первой и 98% во второй ступени.

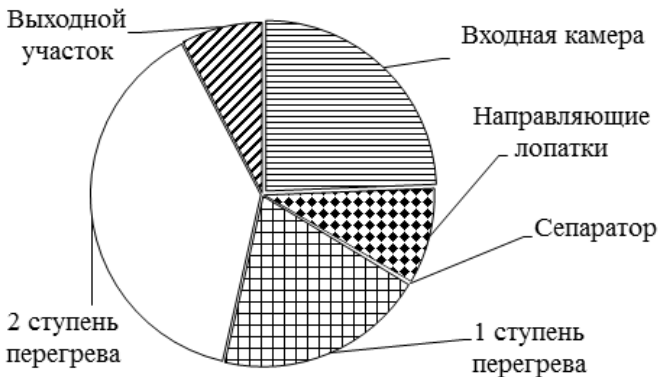


Рис. 2. Распределение потерь давления нагреваемой среды в аппарате

Выводы.

1. Проведён теплогидравлический расчет конструкции сепаратора-пароперегревателя турбины АЭС по нагреваемой и греющей средам. Получены значения потерь давления по ходу движения нагреваемой среды в сепарационной и перегревательной части аппарата (рис. 2).

2. Установлено, что основными компонентами сопротивления нагреваемого пара являются: 1) входная камера – 24% от общего сопротивления; 2) трубный пучок 1 и 2 ступеней пароперегревателя – 20% и 39%.

3. При давлении нагреваемого пара на входе в аппарат 0,335 МПа давление на выходе из аппарата составило 0,320 МПа.

4. Относительное расчётное гидравлическое сопротивление аппарата исследованного типа по нагреваемому пара составляет 6,4%, что на 22% меньше, чем сопротивление эксплуатируемых аппаратов типа СПП-500-1 [2].

5. Потери давления греющего пара значительны, в змеевиках 1 ступени длиной 90 м составили ~ 0,015 МПа, в змеевиках 2 ступени длиной 102 м –

~ 0,024 МПа, что способствует устойчивости теплогидравлических процессов, в частности теплообмена, при конденсации греющего пара в длинных горизонтальных змеевиках.

6. Целесообразно проведение дальнейших исследований теплогидравлических процессов в системах сепарации и перегрева пара АЭС, направленных на оптимизацию конструкций сепарационных и пароперегревательных элементов [10], уточнение расчётных рекомендаций [9], описывающих рабочие процессы, и проведение натурных [11] и стендовых испытаний [12].

1. Денисов К.Н., Егоров М.Ю., Федорович Е.Д., Готовский М.А. Совершенствование конструкций СПП АЭС на основе результатов теоретических и стендовых исследований и опыта эксплуатации. Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену, 2014. – С. 152-155.

2. Егоров М.Ю., Федорович Е.Д. Совершенствование системы промежуточной сепарации и перегрева влажнопаровых турбин АЭС: анализ теплогидравлических процессов в конструкциях сепараторов-пароперегревателей на основе опыта эксплуатации. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2007. – № 37. – С. 339-350.

3. Kolev N.I. Multiphase flow dynamics 5: nuclear the rmalhydraulics. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 886 p.

4. Готовский М.А., Егоров М.Ю., Федорович Е.Д. О перспективе применения винтовых змеевиков с конденсацией греющего пара внутри труб в пароперегревательной части промежуточных сепараторов-пароперегревателей турбин АЭС. Сборник тезисов докладов Пятой международной конференции «Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках». Казань, 2015. – С. 162-163.

5. Liu Y., Qu Z. Numerical investigation of moisture separators with corrugated plates. Energy Procedia, 2017. – Vol. 105. – P. 1501-1506.

6. Li G., Yan Ch., Wang J. Optimization of a moisture separator reheater. Annals of Nuclear Energy, 2014. – Vol. 73. – P. 537-546.

7. Wang X., Cheng P., Xie J., Zhou Z. Structure modification and numerical study of the moisture-separation performance of special crossunder pipe separators for nuclear power steam turbines. Journal of Mechanical Scienceand Technology, 2015. – Vol. 29. – № 8. – P. 3531-3540.

8. Kavousi F., Behjat Y., Shahhosseini S. Optimal design of drainage channel geometry parameters in vane demister liquid–gas separators. Chemical Engineering Research and Design, 2013. – № 91(7). – P. 1212-1222.

9. Скворцов С.Д., Егоров М.Ю. Анализ теплопередачи в промежуточных сепараторах-пароперегревателях АЭС. Материалы научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ». Институт энергетики и транспортных систем. Изд-во Политехн. ун-та, Санкт-Петербург, 2016. – Ч. 1. – С. 84-87.

10. Егоров М.Ю., Готовский М.А., Федорович Е.Д. Повышение эффективности систем сепарации и перегрева пара в турбинах АЭС. Надежность и безопасность энергетики, 2011. – № 14. – С. 57-64.

11. Gotovskii M.A., Fokin B.S., Belenkii M.Ya., Lebedev M.E., Blinov M.A., Egorov M.Yu. Results from tests of modernized moisture separator-reheater of K-500-65/3000 turbine plants of the power unit no. 4 at the Leningrad nuclear power plants (NPP). ThermalEngineering, 2012. – Т. 59. – № 2. – P. 113-118.

12. Егоров М.Ю. Повышение надёжности сепараторов-пароперегревателей турбин АЭС на основе расчётно-экспериментального моделирования. Материалы Одиннадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 13-15.

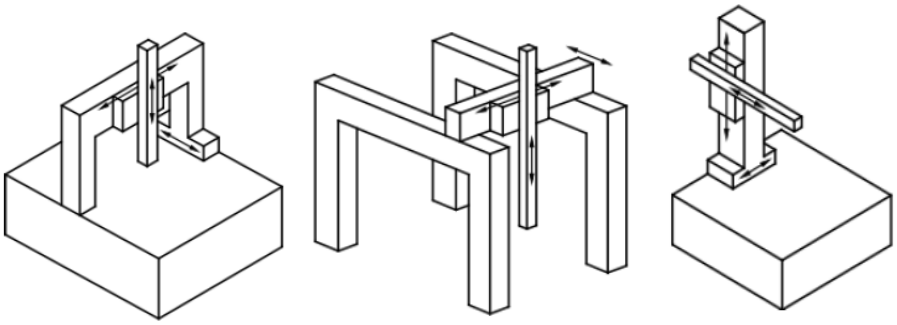
АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Н.И. Кулева
Научный руководитель ***А.С. Степанов,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Важнейшей задачей любого предприятия является выпуск качественной продукции, так как от этого напрямую зависит его конкурентоспособность на рынке. Одним из факторов, оказывающих влияние на достижение высокого качества продукции машиностроения, является контроль качества. По причине высоких требований к производительности и точности объектов машиностроительного производства в процессе контроля качества возрастает роль координатно-измерительных машин.

Координатно-измерительная машина (КИМ) – средство измерения геометрических параметров объекта. Принцип работы заключается в измерении значений координат точек, принадлежащих поверхности детали, аппроксимации полученных данных и нахождении необходимых геометрических параметров.

Основные типовые конструкции КИМ представлены на рис. 1 [1]. К ним относятся портальная конструкция, мостовая и стоечная. Существуют также портативные КИМ типа «рука», консольные, портальные КИМ с подвижным столом. Портальная компоновка КИМ является наиболее распространенной, поскольку отличается более высокой жесткостью.



а *б* *в*

Рис. 1. Основные конструкции КИМ (а-портальная, б-мостовая, в-стоечная)

Одной из важных характеристик КИМ является её точность или погрешность КИМ ($\Delta_{КИМ}$). Следует отличать данный показатель от погрешности измерения ($\Delta_{изм}$). Погрешность измерения – комплексный параметр. Он представляет собой отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины, которое остается неизвестным и устанавливается в результате эксперимента. Погрешность КИМ является частью погрешности измерения.

Точность координатно-измерительных машин чаще всего выражается зависимостью от измеряемой длины L:

$$\Delta_{КИМ}=A+K/L,$$

где A – значение погрешности КИМ, не зависящей от измеряемой длины;

K – коэффициент, определяемый погрешностью, зависящей от измеряемой длины L.

На рис. 2 представлена схема формирования погрешности измерения на координатно-измерительной машине.

Составляющими погрешности координатных измерений являются погрешность КИМ и дополнительная составляющая.

Погрешность КИМ включает в себя погрешности, возникающие вследствие несовершенства конструкции КИМ (портал, направляющие и др.), измерительной системы (измерительные линейки, линейные энкодеры) и измерительной головки (датчик касания). Отклонение шарика щупа от сферической формы учитывается при калибровке, которая производится каждый раз при начале работы (включении КИМ), после смены щупа, поворота головки.

На дополнительную составляющую погрешности измерения оказывают влияние следующие факторы:

1) квалификация оператора, применяемая методика измерения;

2) погрешности изготовления детали, приводящие к появлению отклонений формы и расположения, шероховатости, волнистости поверхности;

3) эксплуатации;

4) окружающей среды.

Рассмотрим влияние данных факторов более подробно. В результате эксплуатации КИМ происходит деюстировка, то есть возникновение дефектов,

которые приводят к возникновению погрешности, выходящей за пределы, установленные заводом-изготовителем КИМ. Воздействие эксплуатации также приводит к износу механической конструкции.

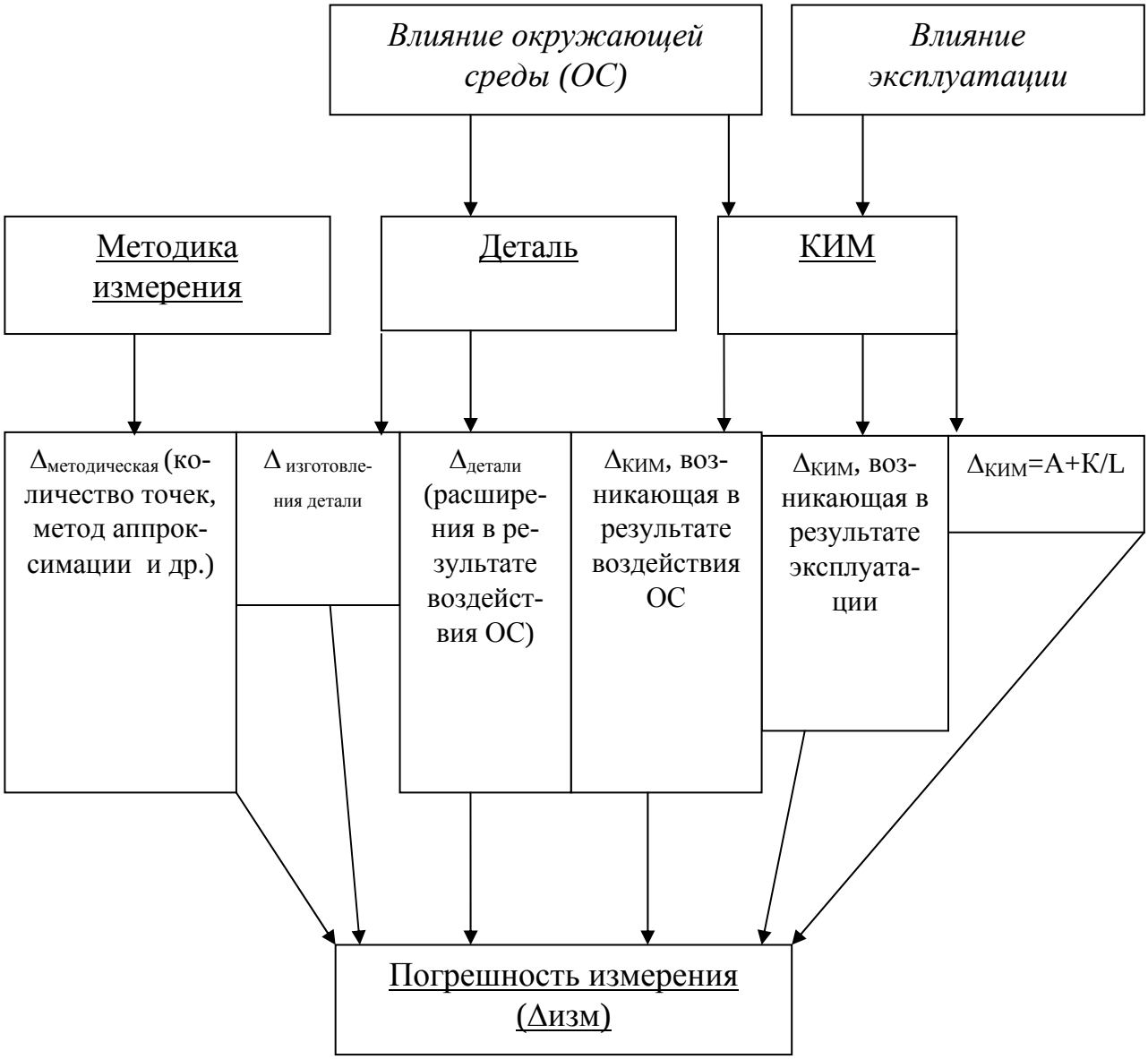


Рис. 2. Формирование погрешности измерения на координатно-измерительных машинах

В процессе измерения на КИМ и объект измерения действуют факторы окружающей среды. Температура и её изменение во времени приводит к снижению точности КИМ за счет удлинения измерительных линеек, деформации портала, а также оказывает влияние на состояние детали, например, расширение, вследствие повышения температуры. Также важно учитывать то, что изменение температуры во времени приводит к возникновению погрешности вследствие изменения длины щупа при длительном измерении – сказывается отсутствие калибровки.

Кроме того, на погрешность измерения влияет применяемая методика (например, небольшое количество точек способствует получению результата с большей погрешностью), метод аппроксимации, а также состояние объекта измерения: загрязненность поверхности, отклонения формы, шероховатость.

Точность КИМ оказывает значительное влияние на область её применения. Средство измерения должно обладать достаточной точностью по отношению к объекту измерения. Применение средства измерения, не имеющего избыточной точности, позволяет обеспечить меньшие затраты на измерение в сравнении с высокоточным прибором. Объясняется это тем, что средства измерения, обладающие высокой точностью, как правило, имеют более высокую стоимость и требуют для работы оператора соответствующей квалификации. При более низких операционных затратах продукция будет обладать конкурентными преимуществами, что в свою очередь способствует расширению рынка сбыта и увеличению объема реализованной продукции предприятия. Измерения, проведенные с помощью средств, обладающих недостаточной точностью, могут привести к неправильным выводам, росту потерь, создаваемых уровнем брака.

На примере портальной КИМ модели Aberlink Axiom too определим область её применения по точности и диапазону измерений, учитывая, что погрешность измерения не должна превышать 25% значения допуска объекта измерения ($\Delta_{изм} \leq 25\%IT$), а соотношение погрешности средства измерения и погрешности измерения составляет 60-80%, то есть $\Delta_{КИМ}/\Delta_{изм}=0,6...0,8$.

Таблица 1

Данные для определения зоны эффективного применения КИМ Aberlink A.t.

Характеристики	Значение
Точность ($\Delta_{КИМ}$), мкм	2,9+L/250
Диапазон измерений по осям, мм	640*600*500
Оптимальный диапазон температур, ºС	18-22
$\Delta_{КИМ}/\Delta_{изм}$	0,8
$\Delta_{изм}=\Delta_{КИМ}/0,8$, мкм	3,625+ L/200

Примем коэффициент соотношения погрешности КИМ и погрешности измерения ($\Delta_{КИМ}/\Delta_{изм}$) равным 0,8, поскольку влияние факторов окружающей среды в процессе измерения сведено к минимуму: КИМ, как правило, устанавливаются на жесткое основание в специализированных помещениях, где поддерживается температура 20±2ºС.

Значение измеряемой длины принимаем равным от максимального, указанного в диапазоне измерений для данной КИМ, далее – наименьшее из каждого интервала таблицы «Числовые значения допусков» ГОСТ 25346-89. [2] Минимальное значение измеряемой длины примем равным 1 мм, поскольку минимальный диаметр шарика щупа для данной КИМ 0,3 мм.

На основании рассчитанных значений полей допусков определяем квалитеты точности, для которых возможно применение рассматриваемой КИМ, используя данные таблицы «Числовые значения допусков». Результат представлен в таблице 3: серым цветом выделена область наиболее эффективного применения рассматриваемой КИМ: 5-9 квалитеты точности.

Таблица 2

Пример расчета

Измеряемая длина L, мм	Погрешность измерения ($\Delta_{изм}$), рассчитанная с учетом измеряемой длины L, мкм	Поле допуска (IT), при котором $\Delta_{изм}$=25% IT, мкм
640	3,625+ 640/200=6,825	27,3
500	3,625+ 500/200=6,125	24,5
…	…	…
6	3,625+ 6/200=3,655	14,62
3	3,625+ 3/200=3,64	14,56
1	3,625+ 1/200=3,63	14,52

Таблица 3

Область эффективного применения КИМ Aberlink A.t., значения допусков, мкм

Интервал номинальных размеров		Квалитет				
		5	6	7	8	9
свыше	до	мкм				
1	3	4	6	10	14	25
3	6	5	8	12	18	30
6	30	6…9	9…13	15…21	22…33	36…52
30	120	11…15	16…22	25…35	39…54	62…87
120	640	18…35	25…50	40…80	63…125	100…200

Таким образом, на основе приближенной методики выбора средств измерений определена область наиболее эффективного применения координатно-измерительной машины Aberlink Axiom too относительно квалитетов точности. А также в работе рассмотрены составляющие погрешности измерения с позиции координатных измерений. Отличительной особенностью данной погрешности является отсутствие погрешности измерительного усилия, погрешности установки детали, но наличие погрешности, на которую оказывает влияние применяемая методика измерения, метод аппроксимации, а также составляющие погрешности прибора: механической конструкции, измерительной системы и датчика касания.

1. Методические аспекты измерений на координатно-измерительной машине: учебное пособие / С.В. Каменев, А.И. Сердюк, А.Н. Поляков, К.В. Марусич; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 118 с.

2. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – Взамен ГОСТ 25346-82; введ. 1990–01–01. – Москва: Межгосударственный стандарт; Изд-во стандартов, 1989. – 26 с.

КОНТУРНЫЙ ДОЛБЕЖНЫЙ РЕЗЕЦ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

А.Г. Макаров
Научный руководитель ***С.В. Яняк,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящие время все большее распространение получают станки с ЧПУ (числовым программным управлением). Без станков с ЧПУ невозможно создание гибких автоматизированных производств. Использование станков с ЧПУ повышается точность обработки, устраняет человеческий фактор (усталость рабочего и т.п.), возможна обработка деталей высокой сложности. Системами ЧПУ оснащены практически все группы станков, в том числе, и долбежные. Современные 4-х осевые долбежные станки с ЧПУ (рис. 1) позволяют производить широкий спектр работ: обработка наружных и внутренних поверхностей, профили с прямолинейными и криволинейными образующими (с функциональной связью между координатами в горизонтальной плоскости), поверхности дисковых кулачков (архимедова и др. спиральные поверхности). Примерами такой обработки могут служить: долбление одиночных и нескольких шпоночных пазов различных типоразмеров; долбление квадратных, шестигранных, многоугольных и других форм отверстий и профилей; долбление зубчатых колес (рис. 2). В связи с большим разнообразием обрабатываемых профилей необходим инструмент соответствующего назначения.

В рекомендуемый унифицированный комплект долбежных резцов должны входить: проходные, упорные, контурные, канавочные, пазовые, зуборезные и специальные. В качестве специального резца может выступать резец для обработки рифлений в клиновых пазах, конструкция которого была описана в наших предыдущих работах [1].

В нашей работе представлена конструкция контурного долбежного резца с оригинальным унифицированным корпусом (рис. 3). В состав резца входят твердосплавная вставка 1, державка 2, разрезной адаптер 3.

Твердосплавная вставка (рис. 4) можно разделить на три части: рабочая часть в форме пирамиды; связующая часть, обеспечивающая вылет; заделка, представляющая из себя клин с самотормозящим углом в 6° с рифлениями на одной плоскости. Вставка по периметру ограничена взаимно параллельными плоскостями для облегчения их производства методом порошковой металлургии. Линейные и угловые размеры вставки обеспечивают достаточный вылет резца и в целом работу инструмента. Глубина обрабатываемого профиля не зависит от размера пластины и обеспечивается размером державки.

Державка представляет собой стержень круглого сечения с поперечным пазом и поперечным овальным отверстием, смещенным от оси для обеспечения расклинивания вставки и державки. Длина державки обеспечивает необ-

ходимую глубину обработки. На поверхности, лежащей на оси стержня, нанесены рифления. Рифления сделаны по всей ширине паза для возможности установки вставок различной ширины [2]. Посадка державки в отверстие адаптера осуществляется с натягом.

Адаптер представляет собой разрезной параллелепипед с центральным продольным отверстием с обнижением. Обнижение служит для сбора возможных загрязнений, попавших на поверхность отверстия во время сборки. Разрезы предназначены для создания необходимой прижимной силы без больших пластических деформаций самого адаптера и сохранения точности позиционирования. Прямоугольная форма адаптера выбрана для облегчения установки резца на станке.

Державка и адаптер изготовлены из конструкционной стали. Возможна установка не только твердосплавных пластин, но и ножей из быстрорежущей или легированной инструментальной сталей.

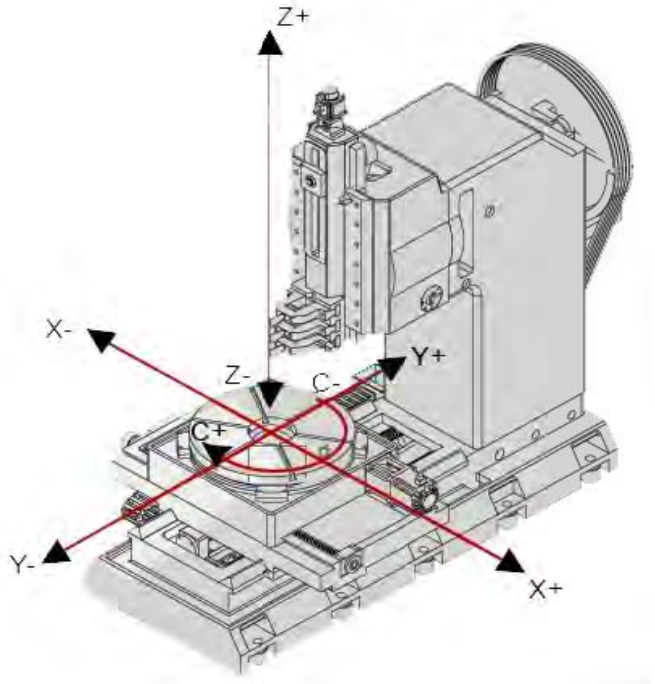


Рис. 1. 4-осевой долбежный станок модели CNC–500–A4

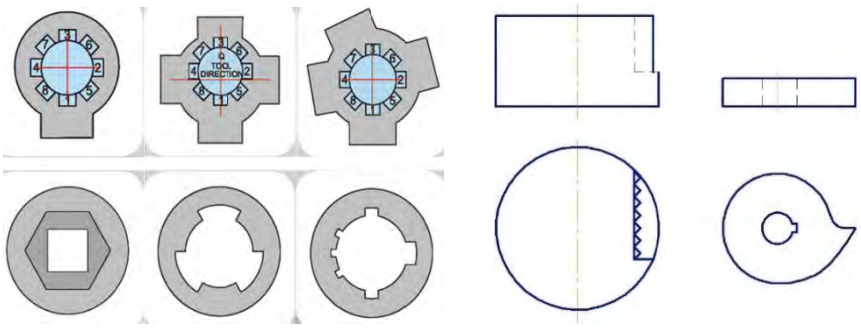


Рис. 2. Варианты обрабатываемых форм профилей и поверхнсотей

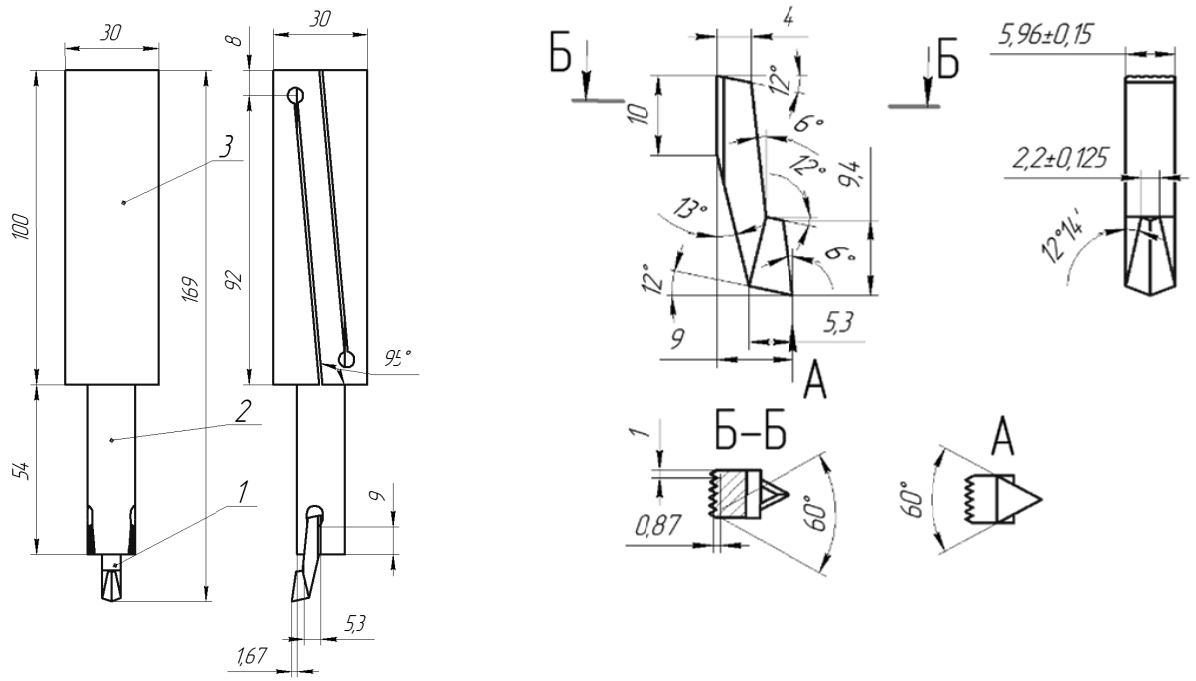


Рис. 3. Сборный долбежный резец

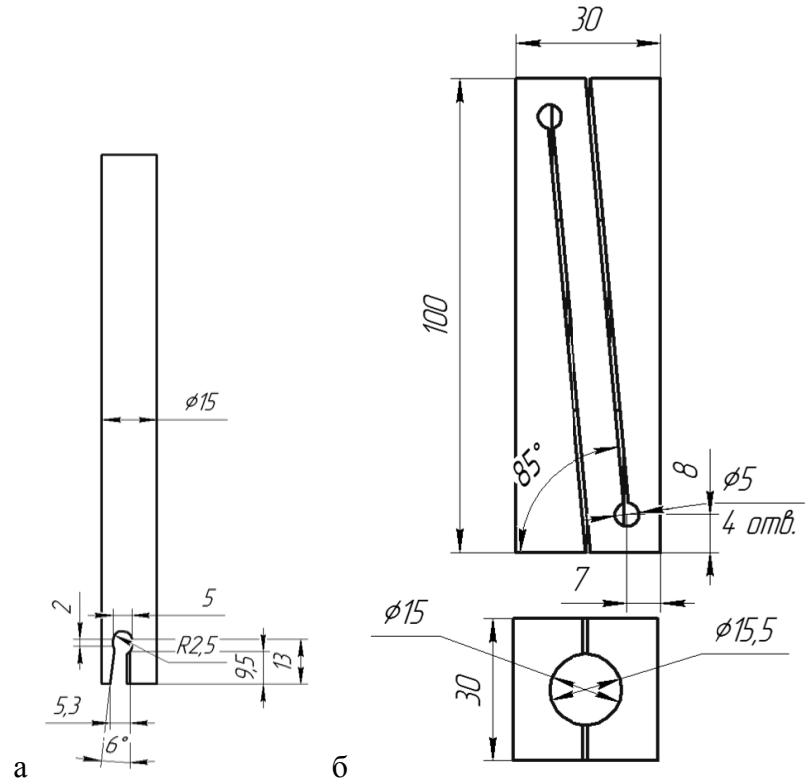


Рис. 4. Твердосплавная вставка с установленной вставкой.
а – державка; б – адаптер

Твердосплавные пластины изготавливаются методом порошковой металлургии с прессованием в жесткой пресс-форме из твердых сплавов марки Т5К10 и Т5К12. Пресс-форма состоит из сборной матрицы, нижнего и верхнего пуансонов. Рифления, поверхности и углы формируются торцевыми по-

верхностями пуансонов. Пуансоны могут быть извлечены из матрицы для обработки (создание поверхностей и нанесение рифлений) и иметь цельную или сборную конструкцию (для разных форм вставок). Для упрощения производства режущей пластины, она ограничена по периметру взаимно параллельными плоскостями [3].

Ножи из быстрорежущей стали производятся обработкой резанием.

Предложенная конструкция контурного долбежного резца с унифицированным корпусом должна обеспечить долбежное производство необходимым инструментом для обработки сложных профилей. Унифицированный корпус не совсем технологичен, но он может быть изготовлен на большинстве производств.

1. Макаров А.Г., Яняк С.В. Разработка конструкции универсального долбежного резца со сменной заклиниваемой рабочей частью // Современные материалы, техника и технологии. – 2016. – №4 – С. 126.

2. Макаров А.Г., Яняк С.В. Разработка конструкции унифицированного долбежного резца со сменной заклиниваемой рабочей частью // Поколение будущего: взгляд молодых ученых. Сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции. Том 3– Курск, 2016. – С. 215–219.

3. Макаров А. Г., Яняк С. В. Разработка конструкции сборного долбёжного резца /А.Г. Макаров, С.В. Яняк // Содружество наук. Барановичи-2016: материалы XII международной науч.-практ. конф. молодых исследователей. Часть 2 – Барановичи, 2016. – С. 141–143.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ВРАЩАТЕЛЯ МОБИЛЬНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

А.А. Нестерова
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Современные мировые тенденции развития машиностроения характеризуются все более высоким уровнем автоматизации и гибкости производства с возможностью быстрой переналадки оборудования на изготовление новых изделий. Автоматизация технологических процессов является одним из основных факторов повышения конкурентоспособности, развития и повышения производительности современного машиностроительного предприятия [1].

В данной работе рассматриваются вопросы автоматизированной подготовки производства вращателя для мобильной буровой установки.

Вращатель представляет собой цилиндрический редуктор. В корпусе на подшипниках установлен входной вал со сквозным шестигранным отверстием. Вал приводится во вращение с помощью штока, который вставлен в отверстие. Далее вращательный момент передается бурильной колонне в рабочем режиме.

С помощью трехмерных моделей отдельных деталей можно создавать сборочные единицы, а затем виртуальные модели готовых изделий, осуществлять анализ с целью выявления ошибок проектирования.

Необходимым этапом конструкторско-технологической подготовки производства является имитационное моделирование. Этот процесс заключается в создании модели проектируемого объекта и экспериментировании с ним при заданных нагрузках и ограничениях. Автоматизированное исследование напряженно – деформированного состояния проведем на примере детали «Вал входной» с использованием программного комплекса САПР «SolidWorks».

Система«SolidWorks» [2] представляет собой отдельный модуль компьютерных программ, составляющих инструментальную основу автоматизации расчетов машиностроительных конструкций и позволяющая получать результаты по силовому расчету и значения физических величин в элементах конструкции. Для проведения эксперимента необходимо определить точки закрепления детали и приложить силы, действующие на нее.

Анализ конструктива позволяет определить участки, на которых будут сконцентрированы наибольшие нагрузки. В данном случае такими участками являются шлицы и шестигранное отверстие, куда вставляется шток для передачи крутящего момента. Для проведения расчетов автоматически создается сетка конечных элементов, где визуально показано закрепление граней и силы, действующей на вал (рис. 1).

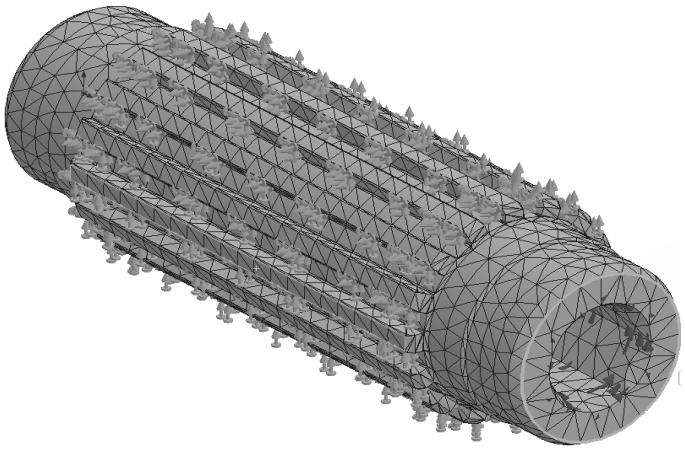


Рис. 1. Закрепление граней,
силы нагружения и сетка конечных элементов

Расчет детали на механические напряжения показал максимальное значение $536x10^{-2}$ МПа в области шестигранного отверстия. Предел текучести, который равен $620x10^{-3}$ МПа для принятого материала, не был достигнут.

Анализ детали на перемещение показал, что на участках, соответствующих зонам расположения подшипников, достигаются критические значения физических величин – $1{,}15x10^{-2}$ мм, что отрицательно отражается на сроке эксплуатации.

Расчет детали на деформацию выявил максимальное значение $1{,}1x10^{-2}$. Из результатов анализа следует, что выбор радиально-упорного подшипника 112 ГОСТ 8338-79, в данном узле конструкции осуществлен правильно.

Рассчитанный запас прочности попадает в рамки 3…5, что говорит о хорошем показателе.

После сравнения полученных экспериментальных данных с характеристиками принятого материала, был сделан вывод, что деталь «Вал входной» выдерживает нагрузки и имеет необходимый запас прочности.

Технологическая часть опирается на программный комплекс SprutCAM – систему позволяющую создавать управляющие программы по мехобработке деталей на станках с ЧПУ [3]. На рис. 2 представлен результат моделирования обработки детали, что дает возможность отследить траекторию инструмента.

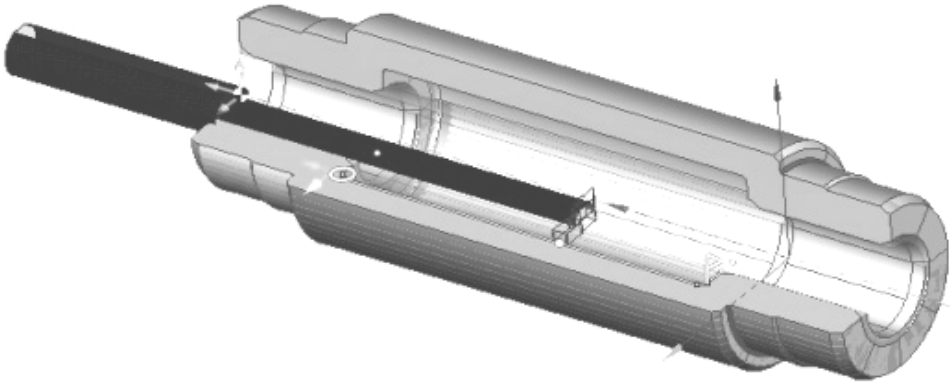


Рис. 2. Симуляция обработки детали «Вал входной»

Автоматизация конструкторско-технологической подготовки позволяет существенно сократить время от разработки довнедрения в производство новых изделий.

1. Шкарин Б.А. Системы автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов. Методические указания к лабораторным работам в 6 частях / Б.А. Шкарин. – Вологда : ВоГУ, 2003−2011. – 180 с.

2. SolidWorks [Электронный ресурс]: офиц. сайт. − Режим доступа: http://www.solidworks.ru/

3. SprutCAM [Электронный ресурс]: офиц. сайт. − Режим доступа: http://www.sprut.ru/products-and-solutions/products/sprutcam/?tab=137

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РАСХОДА ТОПЛИВА

Ф.А. Новокшанов, А.П. Тимофеев
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Поиск дополнительных возможностей экономии топлива – одна из наиболее актуальных проблем автотранспортных предприятий всех форм собственности. Современным способом решения этой проблемы является использование телематических систем контроля.

Телематическое устройство, подключенное к автомобилю через диагностический порт, позволяет осуществлять мобильный мониторинг основных показателей движения машины, в том числе и о расходе топлива.

Перед авторами настоящего исследования была поставлена задача выявления причин повышенного расхода топлива при промышленных перевозках молока и молочных продуктов на одном из предприятий Архангельской области.

Объектом исследования служили автомобили-молоковозы марки МАЗ, на которых было установлено оборудование телематического контроля фирмы «Omnicomm». Работы выполнялись на базе ООО "УМК", которое обслуживает фирма «А-Лайн», в течение августа 2017 года. Информация, полученная с серверов Omnicomm Online, подвергалась математической обработке и анализу.

В рамках данного исследования изучена зависимость расхода топлива от средней скорости движения рассматриваемых автомобилей. Для анализа отобранных данных были составлены точечные диаграммы с полиноминальной линией тренда, отображающие общую зависимость расхода топлива от средней скорости движения в условиях магистрального цикла.

Мониторинг полученных данных и математическая обработка диаграмм выявила статистически достоверные зависимости между расходом топлива (y) и скоростью автомобилей (x):

$$y = 0{,}0047x^2 - 0{,}6357x + 31{,}163 \text{ (Газель);}$$
$$y = 0{,}0294x^2 - 3{,}8935x + 157{,}71 \text{ (МАЗ 1);}$$
$$y = 0{,}0265x^2 - 3{,}6312x + 167{,}09 \text{ (МАЗ 2).}$$

Диаграммы, построенные для рассматриваемых автомобилей, представлены на рисунке.

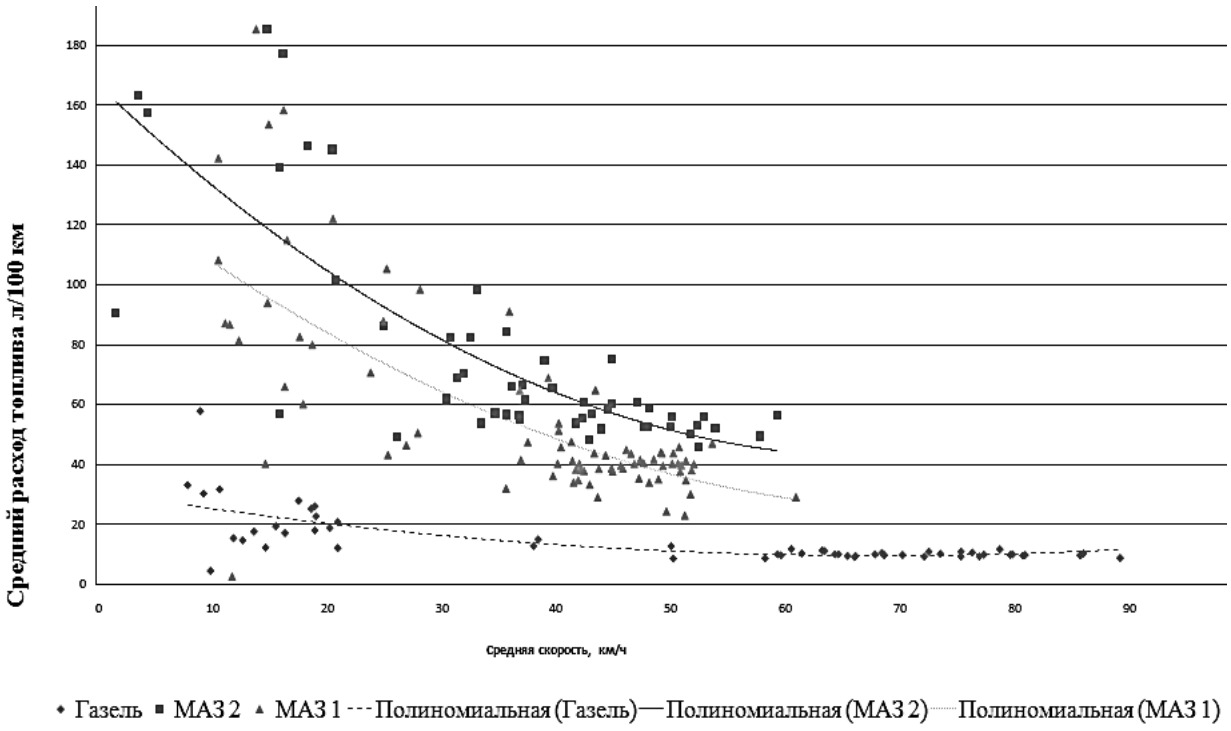


Рис. Зависимость расхода топлива автомобилей МАЗ от скорости их движения в условиях магистрального цикла

Установлено, что зависимость расхода топлива автомобиля от скорости движения не является линейной и имеет один экстремум, при этом функция убывает до достижения экстремума. Однако экстремум представленных функций достигается при значениях координат, соответствующих скоростям, превышающим ограничение, установленное на трассе.

На увеличение расхода топлива при низких скоростях в условиях магистрального цикла движения также оказывает влияние стиль вождения конкретных водителей, а именно частота воздействия на органы управления автомобилем, которая, в свою очередь, приводит к интенсивному изменению частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и передаточного числа трансмиссии, что вызывает более интенсивное изменение скорости движения автомобилей.

После достижения экстремума функция полиноминальной линии тренда вновь начинает возрастать. Все силы сопротивления движению зависят от скорости движения автомобиля. Причем, силы сопротивления дороги и сила сопротивления разгону с ростом скорости линейно уменьшаются, а сила сопротивления воздуха квадратично возрастает. Это объясняет нелинейность полученных функций.

В исследованиях выявлена зависимость разброса значений расхода топлива от скорости движения автомобилей. На представленной диаграмме видно, что чем ниже скорость движения, тем существеннее разброс значений расхода топлива. На наш взгляд такая зависимость может быть обусловлена массой перевозимого груза. Однако в данном эксперименте информация о массе

перевозимого груза не учитывалась при сборе данных телематическими комплексами, установленными на борту автомобиля.

Считаем, что мониторинг массы перевозимого груза особенно актуален для грузовых транспортных средств, поскольку масса перевозимого груза может превосходить собственную массу автомобиля. При этом логично предположить, что масса перевозимого автомобилем груза сильнее влияет на расход топлива при малых скоростях, чем при больших.

1. Смирнов, П.И. Анализ особенностей работы бензинного ДВС легкового автомобиля в условиях движения в городском цикле (статья): Будущее науки-2016 Сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции (14-15 апреля 2016 г.). В 4-х т. – Курск: ЮЗГУ, 2016. – Т. 4. – С. 131-133.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В СЕПАРАТОРАХ-ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯХ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

С.Д. Скворцов, М.Ю. Егоров
Научный руководитель ***В.В. Сергеев,*** *д-р техн. наук, профессор*
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург

Актуальность. Одним из важнейших направлений развития ядерной энергетики является увеличение энергетической эффективности оборудования атомных электростанций (АЭС). Повышение тепловой эффективности, а также уменьшение массогабаритных характеристик теплообменного оборудования атомных электростанций весьма актуально. Одним из наиболее перспективных способов является применение интенсификации теплообмена [1].

Опыт многолетней эксплуатации теплогидравлического оборудования показал, что применение методов интенсификации теплообмена позволяет снизить массогабариты аппаратов на 50% и более по сравнению с серийно выпускаемым оборудованием.

Наиболее перспективным для применения в промежуточных сепараторах-пароперегревателях (СПП) влажнопаровых турбин АЭС является нанесение на поверхность трубок сферических выемок – лунок. Результаты исследования [2] показывают, что трубки со сферическими выемками обладают тепловой мощностью на 30-70% большей по сравнению с оребренными трубками при прочих равных теплогидравлических характеристиках теплообменных аппаратов.

Цель работы – повышение эффективности теплопередачи в перегревательной части СПП в направлении интенсификации теплообмена со стороны нагреваемой среды.

Задача работы – выполнить сравнительный анализ процесса теплоотдачи в пароперегревательной части СПП змеевикового типа [3, 4] для гладкотрубного теплообменного пучка и для пучка с интенсификаторами в виде сферических односторонних выемок (рис.) двух типов:

– с гладкими кромками,

– с острыми кромками.

Рис. Профиль прямой трубки с интенсификаторами в виде сферических выемок

1. Анализ теплообмена без применения методов интенсификации в элементе пучка змеевиковых трубок, закрученных по спирали.

В ранее проведенных исследованиях [5] нами разработана модель процесса передачи теплоты в приближении поперечного обтекания нагреваемым паром элемента змеевикого пучка гладких труб, закрученных по спирали. Выполненный теплогидравлический расчёт, основанный на предложенной модели, показал, что числа Рейнольдса для 1 и 2 ступеней пароперегревателя равны $Re_1=4{,}9\cdot10^4$ и $Re_2=5{,}7\cdot10^4$, критерии Прандтля $Pr_1=1{,}01$ и $Pr_2=0{,}97$.

Расчетные значения критерия Нуссельта для гладких трубок 1 и 2 ступеней перегрева составили: $Nu_{d1}=247$, $Nu_{d2}=269$, соответствующие им коэффициенты теплоотдачи со стороны нагреваемого пара: $\alpha_{НП1}=414$ Вт/(м^2·К) и $\alpha_{НП2}=538$ Вт/(м^2·К).

Коэффициенты теплоотдачи при конденсации греющего пара 1 и 2 ступени $\alpha_{ГП1}=10^4$ Вт/(м^2·К), $\alpha_{ГП2}=1{,}5\cdot10^4$ Вт/(м^2·К) приняты в соответствии с рекомендациями [6] для случая конденсации пара в стальных трубках с внутренним диаметром 10-35 мм.

Анализ структуры коэффициента теплопередачи *k:*

$$k=\left[\frac{1}{\alpha_{нп}}+\frac{\ln(\frac{d_1}{d_2})\cdot d_1}{2\lambda_{ст}}+\frac{d_1}{\alpha_{гп}\cdot d_2}\right]^{-1},$$

показал, что на величину коэффициента теплопередачи определяющее влияние оказывает интенсивность теплоотдачи нагреваемого пара [5]. Здесь d_1 и d_2 – наружный и внутренний диаметры трубки.

Расчётные значения составили: $k_1=382$ Вт/(м^2·К), $k_2=495$ Вт/(м^2·К).

2. Анализ теплообмена в конструкции пароперегревателя с интенсификацией.

Интенсификация теплообмена в каналах со сферическими выемками происходит за счет постоянного разрушения пограничного слоя за выемками и повышения уровня турбулентности потока за ними [7].

При экспериментальном исследовании данного метода интенсификации в диапазоне

– относительных глубин выемок $0{,}1 \le h/d \le 0{,}5$

– относительных высот канала $0{,}1 \le H/d \le 0{,}4$

– чисел Рейнольдса $\mathrm{Re}=7\cdot10^3 \div 5\cdot10^4$,

что соответствует номинальному режиму работы СПП на АЭС с кипящими реакторами, достигнуты результаты, показавшие перспективность олунения при модернизации СПП.

В работе [7] проведен сравнительный анализ интенсификаторов теплоотдачи по их теплогидравлической эффективности. При обобщении экспериментальных данных по средней теплоотдачи в каналах со сферическими выемками при турбулентном отрывном обтекании соотношения для критерия Нуссельта для каналов с односторонними выемками и гладкими кромками имеют вид:

$$\mathrm{Nu}_d=0{,}037\cdot\mathrm{Re}^{0{,}8}\cdot(H/d)^m\cdot(h/d)^{0{,}42};$$
$$m=-0{,}33\cdot(h/d)^{-0{,}28}.$$

Расчетные значения критерия Нуссельта для первой и второй ступени составили: $\mathrm{Nu}_{d1}=393$, $\mathrm{Nu}_{d2}=443$.

Коэффициент теплоотдачи со стороны нагреваемого пара 1 и 2 ступени: $\alpha_{\text{НП1}}^{\text{ИНТ}}=655$ Вт/(м^2·К) и $\alpha_{\text{НП2}}^{\text{ИНТ}}=912$ Вт/(м^2·К). Соответствующие расчетные значения коэффициента теплопередачи 1 и 2 ступени: $k_1^{\text{ИНТ}}=578$ Вт/(м^2·К), $k_2^{\text{ИНТ}}=794$ Вт/(м^2·К).

Значения расчетной площади теплопередающей поверхности 1 и 2 ступени $H=Q/(k\cdot\Delta t)$ составили 949 м^2 и 613 м^2. Значения фактического запаса теплопередающей поверхности для 1 ступени пароперегревателя составили 1100 м^2, для 2 ступени пароперегревателя – 600 м^2.

Аналогичный расчет произведен для случая поперечного обтекания каналов с односторонними выемками и острыми кромками с использованием соотношений [7]:

$$\mathrm{Nu}_d=0{,}033\cdot\mathrm{Re}^{0{,}8}\cdot(H/d)^m\cdot(h/d)^{0{,}42};$$
$$m=-0{,}46\cdot(h/d)^{-0{,}3}.$$

Расчетные значения критерия Нуссельта для 1 и 2 ступени составили: $\mathrm{Nu}_{d1}=575$, $\mathrm{Nu}_{d2}=650$. Соответствующие им коэффициенты теплоотдачи нагреваемой среды составили $\alpha_{\text{НП1}}^{\text{ИНТ}}=960$ Вт/(м^2·К) и $\alpha_{\text{НП2}}^{\text{ИНТ}}=1335$ Вт/(м^2·К) для 1 и 2 ступени соответственно.

Расчетные значения коэффициента теплопередачи 1 и 2 ступени пароперегревателя: $k_1^{\text{ИНТ}}$= Вт/(м^2·К), $k_2^{\text{ИНТ}}$=794 Вт/(м^2·К). Соответствующие им значения расчетной площади теплопередающей поверхности 1 и 2 ступени составили 683 м^2 и 444 м^2.

Выводы.

1. Интенсификация теплообмена методом создания односторонних выемок с гладкими кромками приводит к сокращению площади теплопередающей поверхности сепаратора-пароперегревателя змеевикого типа на 45% для 1 ступени и на 50% для 2 ступени; нанесение на трубы змеевикого пучка сферических выемок с острыми кромками приводит к уменьшению площади поверхности пароперегревателя почти в 3 раза.

2. Применение интенсификации путем создания односторонних выемок с острыми кромками приводит к улучшению теплообмена на 30% по сравнению с каналами с односторонними выемками и гладкими кромками.

3. Применение олунения теплообменной поверхности обеспечивает уменьшение массогабаритных характеристик сепараторов-пароперегревателей АЭС и повышение его тепловой и гидравлической эффективности.

4. Целесообразно продолжение расчётно-экспериментальных исследований [8, 9] существующих и вновь создаваемых [10, 11] типов сепарационного и пароперегревательного оборудования.

1. Аксенов П.Л., Егоров М.Ю. Интенсификация теплообмена в оборудовании АЭС. Материалы научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ». Институт энергетики и транспортных систем. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – Ч. 1. – С. 82-84.

2. Chudnovsky Ya., Kozlov A. Heat transfer enhancement and fouling mitigation potential due to dimpling the convective surfaces. International Heat Transfer Conference. HTE–21. Sidney. Australia, 2006. – P. 1-10.

3. Егоров М.Ю., Федорович Е.Д. Совершенствование системы промежуточной сепарации и перегрева влажнопаровых турбин АЭС: анализ теплогидравлических процессов в конструкциях сепараторов-пароперегревателей на основе опыта эксплуатации. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2007. – № 37. – С. 339-350.

4. Готовский М.А., Егоров М.Ю., Федорович Е.Д. О перспективе применения винтовых змеевиков с конденсацией греющего пара внутри труб в пароперегревательной части промежуточных сепараторов-пароперегревателей турбин АЭС. Сборник тезисов докладов Пятой международной конференции «Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках». Казань, 2015. – С. 162-163.

5. Скворцов С.Д., Егоров М.Ю. Анализ теплопередачи в промежуточных сепараторах-пароперегревателях АЭС. Материалы научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ». Институт энергетики и транспортных систем. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – Ч. 1. – С. 84-87.

6. Волков Д.И. Теплоотдача при конденсации пара внутри горизонтальной трубы. Энергомашиностроение, 1969. – № 6. – С. 22-24.

7. Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Олимпиев В.В., Щелчков А.В., Каськов С.И. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 531 с.

8. Gotovskii M.A., Fokin B.S., Belenkii M.Ya., Lebedev M.E., Blinov M.A., Egorov M.Yu. Results from tests of modernized moisture separator-reheater of K-500-65/3000 turbine plants of the power unit no. 4 at the Leningrad nuclear power plants (NPP). Thermal Engineering, 2012. – Т. 59. – № 2. – P. 113-118.

9. Егоров М.Ю., Соколов К.В., Блинов М.А. Результаты модернизации сепараторов-пароперегревателей турбоустановок на 4 блоке Ленинградской АЭС. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2011. – № 3. – С. 263.

10. Денисов К.Н., Егоров М.Ю., Федорович Е.Д., Готовский М.А. Совершенствование конструкций СПП АЭС на основе результатов теоретических и стендовых исследований и опыта эксплуатации. Труды Шестой Российской национальной конф. по теплообмену, 2014. – С. 152-155.

11. Егоров М.Ю. Повышение надёжности сепараторов-пароперегревателей турбин АЭС на основе расчётно-экспериментального моделирования. Материалы Одиннадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 13-15.

СРАВНЕНИЕ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СО СТАНДАРТНЫМ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ ЦИКЛОМ

А.П. Тимофеев, Ф.А. Новокшанов
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В процессе эксплуатации автомобилей наблюдается превышение реального эксплуатационного расхода топлива от нормативного, установленного заводом-изготовителем. Это обусловливается тем, что при проведении испытаний по установке норм расхода топлива нового автомобиля невозможно корректно учесть многие факторы, влияющие на расход топлива и зависящие от условий работы автомобиля, такие как климат, состояние дорожного покрытия, стиль езды водителя, нагрузка автомобиля и др.

С целью уточнения реального эксплуатационного расхода топлива были проведены исследования на базе ООО "А-Лайн", обслуживающей автотранспортные предприятия Вологодской и Архангельской областей. В качестве объекта исследования были выбраны автомобили МАЗ и ГАЗель транспортирующие молочную продукцию в Архангельской области. На объектах (автомобилях), выбранных для исследования, было установлено оборудование телематического контроля фирмы Omnicomm. Заказчики в лице автотранспортных предприятий предоставляли для анализа информацию, полученную с ис-

пользованием серверов OmnicommOnline за период с сентября 2016 года по июль 2017.

Графики скорости движения исследуемых автомобилей представлены на рис. 1-4.

Рис. 1. Сравнение скоростного режима автомобиля МАЗ со стандартным ездовым циклом

Рис. 2. Сравнение скоростного режима автомобиля МАЗ со стандартным ездовым циклом

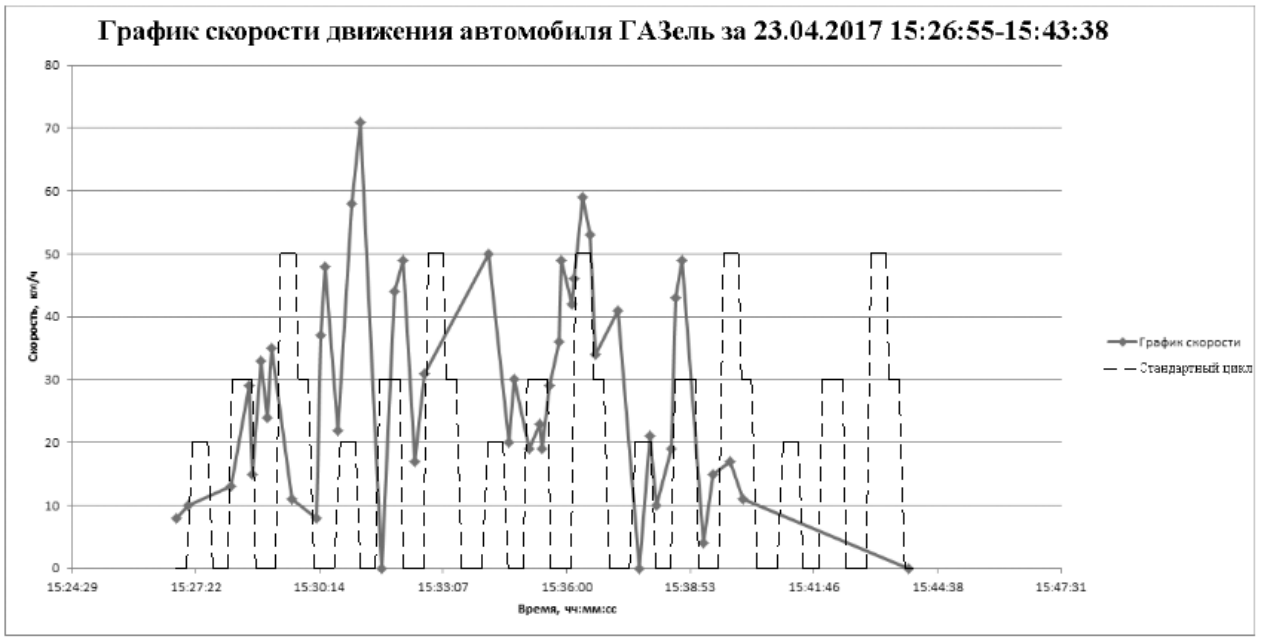


Рис. 3. Сравнение скоростного режима автомобиля ГАЗель со стандартным ездовым циклом

Рис. 4. Сравнение скоростного режима автомобиля ГАЗель со стандартным ездовым циклом

Сравнение представленных графиков со стандартным магистральным циклом показывает, что графики реальных скоростей движения имеют очертания, схожие со стандартными. Однако в реальных условиях эксплуатации скорость движения автомобиля меняется намного динамичнее, чем в испытательных условиях.

При испытаниях автомобиля скорость его движения не превышает 50 км/ч, в то время как в реальных условиях скорость движения в городе может достигать 60 км/ч, а в некоторых случаях и больше, что зависит от стиля езды водителя.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в реальных условиях наблюдается постоянное превышение расхода топлива от значения, установленного заводом-изготовителем. Одно из возможных решений выявленной проблемы – это корректировка нормы расхода топлива для отдельных автомобилей, с учетом условий их эксплуатации. Зная реальную норму расхода топлива для определенного автомобиля, можно говорить о превышении водителем этой нормы, или же об экономичной езде водителя, что позволит руководству автотранспортного предприятия принимать необходимые управленческие решения по экономии топлива.

1. Смирнов, П.И. Сравнительная оценка стоимости эксплуатации легковых автомобилей на основе расчета стоимости транспортной работы по расходу топлива // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования материалы XI Международной научно-технической конференции. 2016. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2016. – С. 146-150.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ДВУХСТОРОННЕЙ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПАЗА

М.В. Шавкунова
Научный руководитель ***С.В. Яняк,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Протягивание – это высокопроизводительный способ обработки сквозных отверстий и наружных поверхностей. Разработанная протяжка является специальным инструментом второго порядка, так как предназначена для выполнения обработки специальных элементов конструкции (трапециевидных пазов) других инструментов: стержневых резцов с продольной прорезью (рис. 1.) [1].

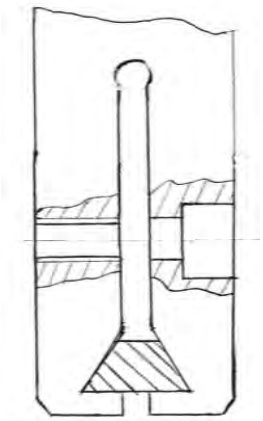


Рис.1. Стержневой резец с продольной прорезью

Принципиальные решения, принятые в процессе проектирования:

1. Основу конструкции составляет призматический стержень, ограниченный плоскими поверхностями (рис. 2).

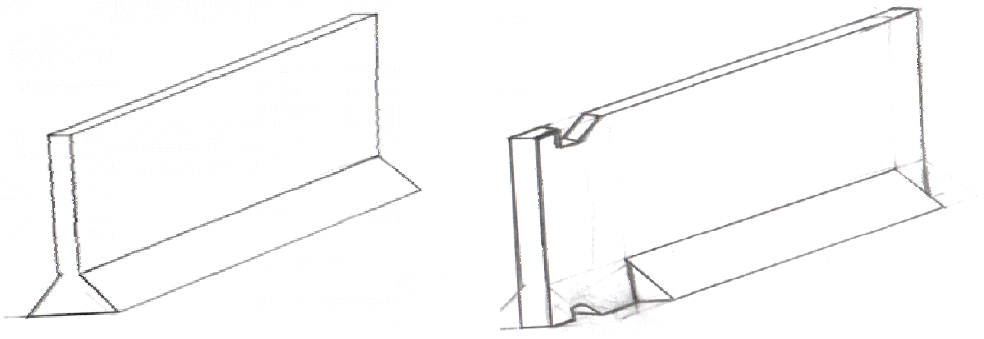


Рис. 2. Плоский стержень и передний хвостовик

2. В передней части корпуса предусмотрены вырезы для захвата в протяжном станке, образующие передний хвостовик.

3. Режущая часть – пирамидальная, совмещенная с корпусом. Первоначальная призма трапециевидного сечения, которая в продольном направлении срезана наклонной плоскостью с продольным углом, определяющим возвышение зубьев (рис.4, 5, 6). Режущая часть состоит из трех частей: черновая (с продольным углом tgL = 0.0125) содержит 10 зубьев для предварительной обработки с глубиной резания 0,2 мм; чистовая (с продольным углом tgL =0.00625) содержит 15 зубьев для окончательного формирования треугольных профилей обработки с глубиной резания 0,1 мм; калибрующая – по 2 зуба с каждой стороны для калибрования (отделочной обработки поверхности).

4. Зубья в правой и левой частях протяжки расположены с осевым смещением таким образом, что стружечная канавка с одной стороны находится напротив зуба с другой стороны, образуя волнистую линию. Форма зуба в поперечном сечении трапециевидная. Передняя поверхность плоская с углом 10°, плавно переходящая в стружечную канавку. Задняя поверхность плоская, с углом 2° , расположена между соседними стружечными канавками.

5. После окончания режущей и калибрующей частей, в конструкции протяжки предусмотрен задний хвостовик с сечением 50х3 мм первоначального призматического стержня, длиной 20 мм и предназначен для удерживания протяжки от выпадения после окончания обработки.

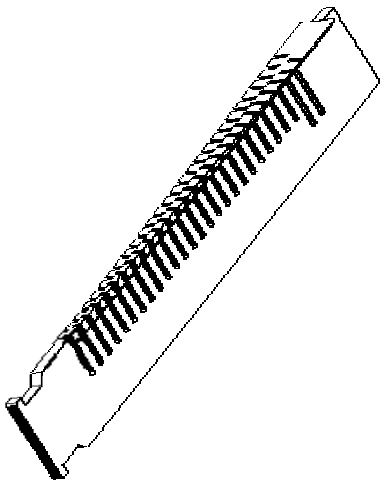


Рис. 3. 3D-модель специальной протяжки

6. Материал протяжки – инструментальная легированная сталь 9ХС. Выбрана, так как эта сталь имеет мелкозернистую структуру, высокую твердость, хорошую управляемость при термической обработке и используется для тонколезвийных чистовых инструментов.

ХГТ обладает большей величиной зерна и имеет больше остаточного аустенита.

Р6М5 признана нецелесообразной, так как инструмент в процессе эксплуатации не нагревается выше 200 градусов.

Достоинства разработанного инструмента: высокая производительность и экономическая целесообразность при серийном производстве резцов с трапециевидным пазом.

1. Молодые исследователи – регионам: материалы Международной научной конференции (Вологда, 18-19 апреля 2017 г.): в 4 т. / М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т ; [отв. ред. А.А. Синицын]. – Вологда : ВоГУ, 2017. – Т. 1. – 608 с. : ил.

Секция «АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ»

МЕТОДИКА ПОСЛОЙНОГО АНАЛИЗА ДЕПРЕССИВНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

С.Н. Вайнило, Г.С. Нилова
Научный руководитель ***Л.В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Потребность в регенерации промышленных территорий связана с изменением структуры индустриального производства и переходом его на новые технологии. В результате роста городов постиндустриальные зоны вошли в границы центральных планировочных районов и образовали так называемый серый пояс. Городская среда «серых зон» отличается высокой степенью депрессивности, однако имеет высокий градостроительный потенциал. Отечественный и зарубежный опыт проектирования и регенерации таких территорий показывает, что для устойчивого развития городов необходимо включение таких земель в программы градостроительного развития [1].

Городская среда исторических городов должна быть привлекательна и безопасна, что соответствует требованиям устойчивого развития территорий, провозглашенным ООН в XX столетии [2]. Реализованные проекты регенерации бывших промышленных и коммунально-складских территорий Москвы и Санкт-Петербурга («Красный октябрь», бывший завод «Флакон», «Серп и молот») показали, что потенциал таких территорий высок, и территории привлекательны для инвестирования [3].

Целью исследования является апробация методики послойного анализа территории для выявления скрытого средового потенциала места. Аналитическая работа осуществляется для выявления конфликтных зон и составления проектного задания регенерации территории.

Методы исследования: натурное обследование территории, фотофиксация, количественный анализ градостроительных показателей и регламентов, изучение теоретических источников по регенерации бывших складских и промышленных объектов. Объектом исследования является территория в границах улиц: ул. Ленинградская, ул. Петина, Пошехонское шоссе, до окружной железной дороги в городе Вологда.

Методика комплексного анализа заключается в стратификации элементов среды и синтеза полученных результатов. Наложением страт выявляются конфликтные узлы, требующие первоочередной регенерации. Первая страта демонстрирует градостроительный анализ территории, состоящий из анализа

инфраструктурного наполнения, и определения плотности застройки. Эти данные говорят об эффективности использования земли. Анализ объектов инфраструктуры показал: большой процент территории занимают хаотично отстроенные гаражные кооперативы, в которых находятся автосервисы, объекты торговли (магазины автозапчастей) и мелкие ремонтные мастерские. Коммерческая, деловая и образовательная деятельность сконцентрирована вблизи улицы Ленинградской и Пошехонского шоссе. Открытые пустующие территории примыкают к ветке железной дороги. Северо-западная часть исследуемого участка представляет собой охраняемый ландшафт, окружающий объекты культурного наследия. Жилая функция на данной территории практически отсутствует и преобладает малоэтажная застройка.

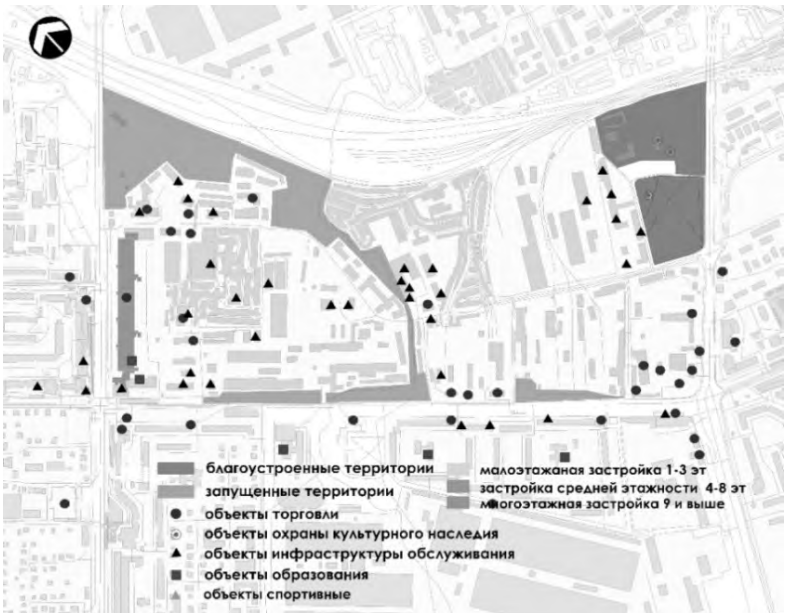


Рис. 1. Градостроительный анализ территории

Интенсивность использования территории характеризуется плотностью застройки и процентом застроенности территории. Коэффициент застроенности территории и коэффициент плотности застройки зоны промышленных объектов I-V зоны определены как FAR=0,52 и BCR=0,23. Нормативные показатели зоны промышленных объектов I-V определены как: FAR=2,5BCR=0,6[4]. Выявленные показатели говорят о неэффективном использовании территории. Натурное обследование озеленённых пространств выявило единственный благоустроенный фрагмент в северо-западной части, а также наличие русла р. Золотухи с полностью искаженным природным ландшафтом, наличие пустырей вдоль транспортных коммуникаций (рис. 1).

Следующей стратой является анализ транспортно-пешеходной сети. Он показал, что территория ограничена двумя магистральными улицами городского значения ул. Ленинградская и Пошехонское шоссе и магистралью районного значения ул.Петина и имеет большое количество внутренних проез-

дов. Территория имеет хорошую транспортную связь с центром и другими районами города за счёт наличия остановок общественного транспорта в радиусе пешеходной доступности, однако отсутствует пешеходная связь ядра территории с другими районами города. Пешеходная активность наблюдается лишь по периметру территории, а в центре отсутствует. Причин такого явления несколько. Во-первых, на внутренней территории отсутствуют пешеходные тротуары и освещение, во-вторых сервисы, находящиеся на внутренних территориях не конкурентоспособны. Северная граница ограничена железнодорожными путями, имеющими многочисленные ветки, образующие тупиковые железнодорожные въезды для загрузки бывших промышленных площадок. Это обстоятельство имеет важное значение при разработке концепции использования данного потенциала (рис. 2).

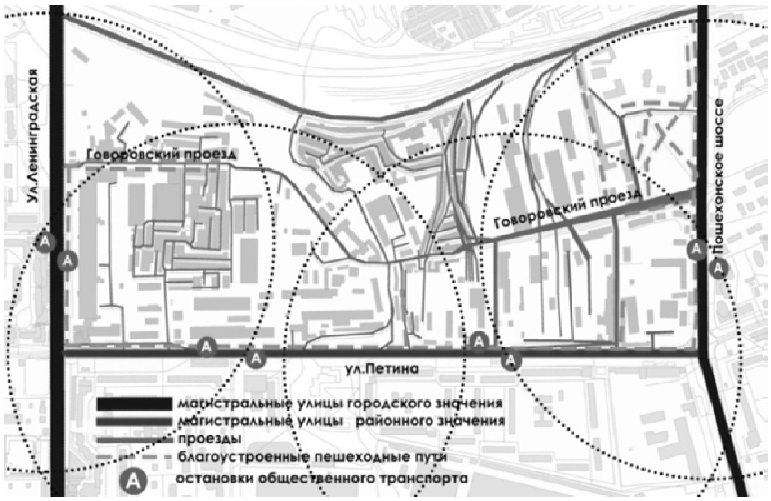


Рис. 2. Анализ транспортно-пешеходной доступности территории

Таким образом, можно сказать, что территория обладает хорошим транспортным потенциалом и содержит территориальные резервы для организации парковок индивидуального транспорта, а также железнодорожные ветки для загрузки.

Следующей стратой анализа является кадастровый план территории. Было выявлено три категории собственников: частная собственность, муниципальная собственность и собственность публично - правовых образований [5]. В частной собственности оказался малый процент земли, при этом остальная территория за исключением основных проездов муниципалитетом сдаётся в аренду (рис. 3). Средняя стоимость земли за квадратный метр составляет 1010р. В сравнении со стоимостью земли в центре, которая составляет 1200 р, можно говорить о её высокой ценности.

Рис. 3. Анализ собственников территории в границах красных линий

Анализ правил землепользования застройки города Вологды выявил основное назначение территориальных зон. В западной части территории располагаются Ж3,Ж4-жилая, Ц1-общественно-деловая зоны. В центральной части по правому берегу р. Золотуха П3-производственная зона. Вдоль транспортных коммуникаций П5-зона инженерной и транспортной инфраструктур. Восточная частьЦС-4, О-1 зона объектов религиозного значения, и специального назначения. Исследование этой страты позволило сделать вывод, что восточная половина территории, примыкающая к ул. Ленинградской может развиваться как зона общественного, делового и коммерческого значения, имеющая выход к природному водоразделу реки Золотуха, благоустроенная береговая линия которой повышает инвестиционную привлекательность этого участка. А территория правого берега Золотухи, имеющая значительный транспортно-железнодорожный потенциал может быть регенерирована на основе производственной функции.

Таким образом, наложение страт позволяет сделать вывод, что исследуемая территория обладает высоким градостроительным потенциалом, требующим проекта регенерации территории. Наиболее остро конфликт интересов возникает в западной части участка, где малоэффективная промышленность, не приносящая высокой прибыли, может быть заменена более плотной общественно-деловой и жилой застройкой. Обновление территории должно происходить поэтапно, начиная с реставрации объектов культурного наследия и ревалоризации коммунально-складской зоны. Необходимо обновить существующую и обеспечить будущую застройку новой дорожно-транспортной сетью. Новое строительство необходимо вести с параллельным сносом ветхих зданий и сооружений производственного и коммунально-складского назначения, с переносом последней в отдельную зону (в виде логистических центров и паркингов).

1. Анисимова Л.В. Методические основы регенерации исторической городской среды: учебное пособие / Л.В. Анисимова, Л.Ю. Анисимов, Е.Н. Титоренко, В.Ю. Анисимов: под ред. Л.В. Анисимовой; Мин-во обр. и науки РФ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2017. – 97 с.

2. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию 3-4 июня 1992г. [Электронный ресурс]// ООН: сайт. – Режим доступа: http://www.on.org/ru/documents/decl_conv/declarations/pdf/riodecl.shtml

3. "Серп и молот. Результаты конкурса".[Электронный ресурс]–Режим доступа:https://archi.ru/russia/54655/serp-i-molot.ru/

4. Региональные нормативы градостроительного проектирования Вологодской области. Электронный ресурс-http://nashdom.vologda-portal.ru/ planning/documents/normativy_gradostroitelnogo_proektirovaniya.

5. Публичная кадастровая карта г. Вологды. Электронный ресурс-https://pkk5.rosreestr

КОНЦЕПЦИЯ СРЕДОВОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ЗАВОДА «ВАГРОН»

П.Э. Гарина
Научный руководитель ***Л.В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Результатом перехода экономики к постиндустриальному этапу стала ликвидация технологически устаревших промышленных производств в центральном планировочном районе города. Это привело к образованию заброшенных пустующих территорий, оказывающих негативное влияние на цельность селитебных территорий, экономическую конкурентоспособность городских пространств. Основополагающие принципы концепции устойчивого развития урбанизированной среды города опираются на более эффективное использование территориального и историко-культурного потенциала города [1].

В результате картографирования было выявлено, что «серый пояс» г. Вологды составляет 16% от общей территории застройки города. Среди элементов «серого пояса», находящихся в центральном планировочном районе, следует отметить территорию бывшего ликероводочного завода «Вагрон», расположенного в границах ул. III Интернационала, ул. Мальцева, окружной железной дороги (рис.1). Ликероводочный завод «Вагрон» в настоящее время представляет собой комплекс зданий периметрической застройки разного стиля и времени. Самые ранние постройки относятся к краснокирпичной промышленной архитектуре конца XIX века.

Рис. 1. «Серый пояс» г. Вологды

Рис. 2. Территория завода «Вагрон», подлежащая регенерации

Данная статья посвящена поиску нового подхода к регенерации депрессивных городских территорий. Основываясь на принципах устойчивого развития, автор определяет целью исследования разработку средовой модели регенерации территории завода "Вагрон" с сохранением атмосферы места. Методика исследования содержит проведение историко-генетического анализа территории, натурное обследование конструктивных схем существующих объектов, степень их физического износа, а также изучение теоретического и практического опыта регенерации подобных объектов. Разработка модели средовой регенерации комплекса с определением участников этапов и целевой аудитории предполагает развитие процесса во времени.

Согласно плану охранных зон г. Вологды литеры А2, А6, С1, С2, С4, С6 и D3являютсяобъектами, обладающими признаками культурного наследия, предлагаемые к постановке на учет в категории «выявленные», общая площадь этих объектов составляет 7 087,5 м^2. Литеры А1, С3, С5 – современные постройки, вписывающиеся или поддерживающие историческую среду, их суммарная площадь составляет 1707,2 м^2. Литера А3-А5, А7 – современные дисгармоничные постройки, разрушающие сложившуюся архитектурную среду, поддающиеся адаптации, их общая площадь – 1330,3 м^2. Литера В1-В3, Д1, Д2, F, G1, G2 – современные постройки, нейтральные по отношению к объектам историко-культурного наследия, суммарная площадь – 12157,5 м^2. Литера G3, G4–современные, дисгармоничные постройки, разрушающие сложившуюся архитектурную среду, не поддающиеся адаптации, общая площадь этих объектов составляет –3548,8 м^2 (рис. 2).

Первоначально на месте ликеро-водочного завода находился пивоваренный завод «Вагрон», основанный в 1887 году купцом Первушиным. С введением винной монополии завод прекратил свое существование. На его месте в 1901 г. вырастает комплекс зданий Казенного винного склада [2]. По воспо-

минаниям Луначарского: «Вологодский казенный винный склад обладает, так сказать, американскими ресурсами: вас поразят огромные залы, полные электрического света, прекрасная театральная зала с благоустроенной сценой» [3]. Сейчас здание ликероводочного завода «Вагрон» принадлежит ООО «Русский Север», производственные процессы утрачены, часть построек сдается в аренду, архитектурная среда деградировала.

Историко-генетический анализ территории ликеро-водочного завода показал, что наивысшего расцвета архитектурная среда комплекса достигла в начале XX века. Высокая концентрация служащих, введенные в строй новые корпуса, отвечающие современным стандартам качества. Производственные процессы совмещались с активной театральной и культурной жизнью. К укоренившимся здесь процессам относятся многолюдность, представительность, сценические действа, танцевальные вечера, клубная атмосфера.

В результате обследования планов БТИ и натурного изучения объектов, расположенных на территории завода, было выявлено, что постройки начала XX века (литера А4, А6, В1, С1-С5, D3) имеют поперечные кирпичные несущие стены и деревянные перекрытия; постройки конца XX века (литера В3, D1, D2, F,) имеют железобетонный каркас и железобетонные перекрытия, а здание под литерой В2– это большепролетное одноэтажное сооружение. Наименьшей степенью износа конструкций – от 0 до 29% – обладают объекты более позднего срока постройки (литера А1, А3, А5, В2, В3, С6, D1, D2, F, G1). Сооружения 1901 года (литера А4, А6,В1, С1-С5) имеют износ от 47 до 52%. Наибольшей степенью физического износа (70%) обладает здание под литерой D3 (первоначально использовался в качестве холодильника).

На данный момент производственные мощности выведены, доступ на территорию завода для горожан не возможен. Здания сдают в аренду. Часть сооружений используются в качестве складов. Наличие пустующих зданий и пространств на территории «Вагрона» при кадастровой стоимости 1 $м^2$ – 1114,96 руб. свидетельствует о неэффективном использовании территории в центральном планировочном районе города.

Исследованиям теоретического и практического опыта регенерации постиндустриальных территорий посвящены работы Е.В. Демидовой, Л.О. Титовой, А.Ю. Анохина, Т.Ф. Волковой. Социально-культурные аспекты регенерации городских пространств раскрыты в работах А.А.Желниной, В.Э.Стадникова, В.Л. Глазычева. Выполнен анализ реализованных проектов регенерации бывших промышленных зон: Дизайн-завод «FLACON» и «Хлебозавод» в Москве, «Новая Голландия» в Санкт-Петербурге, «798 ArtZone» в Пекине.

Предлагается модель средовой регенерации территории, которая имеет ряд существенных отличий от архитектурно-пространственной. Модель средовой регенерации предполагает введение не только процессной продолжительности этапа, но и учитывает целевую аудиторию участников, и пользователей продукта [4]. Модель средовой регенерации предполагает поэтапное

введение отдельных мощностей, позволяющее значительно ускорить сроки запуска в эксплуатацию отдельных зданий и территорий. Способствует повышению лояльности горожан за счет вовлечения их в процесс регенерации, а так же предоставляет возможность выведения оставшегося производства без остановки и нарушения технологий.

На этапе активации основной задачей является популяризация места, привлечение публики через организацию фестивалей, ярмарок, соревнований, акций, концертов и других массовых мероприятий. В эксплуатацию вводятся объекты с литерой А1, А3, В2, В3, нуждающиеся в косметическом ремонте и имеющие подведенные инженерные сети (рис. 3а). Наиболее притягательными функциями становятся те, которые позволяют увеличить трафик людей, например, организация фудмаркета, фудкорта в здании с литерой В2. Введение мощностей происходит за счет самоорганизации стартапов, индивидуальных предпринимателей, малых фермерских хозяйств, семейных бизнесов, использования мебели «секондхенд». Результатом этапа становится благоустройство двора, реализация потенциала творческих инициатив [5].Средства, вырученные на первом этапе, идут на восстановление объектов, нуждающихся в некапитальном ремонте.

Основная задача второго этапа – аккумуляции – создание транзитного пути через территорию завода за счет внедрения торговой улицы, являющейся наиболее коротким маршрутом до остановок общественного транспорта. В эксплуатацию вводятся объекты с литерой А4, В1, D1, D2,F (первый этаж) (рис. 3б). В зданиях с литерой А4 (3 зала – 496,6 м^2) и D1 (площадь 1244,2 м^2) организуются пространства, сдаваемые в аренду для проведения мероприятий разной вместимости. В здании с литерой D2 предполагается проведение городских масштабных мероприятий, таких как фестивали, ярмарки, концерты, шоу-программы. Для всех вышеперечисленных объектов, за исключением литеры В1, предполагается программа реновации [6]. В здание с литерой В1, в XXвеке использовавшемся в качестве столовой, подразумевается процесс ревитализации за счет возрождения и улучшения укоренившихся функций. Здесь организуется бар/ресторан. Результатом этапа является оживление торговой улицы, создание транзитного пути, организация парковки, публичных, полуприватных и приватных зон.

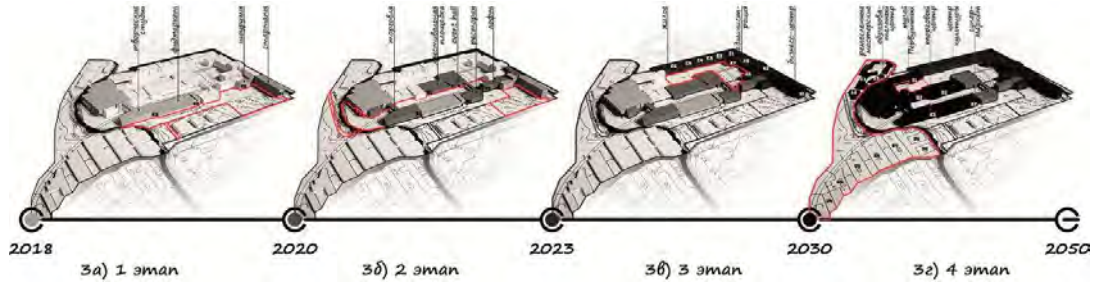


Рис. 3. Схема поэтапной регенерации территории завода «Вагрон». 3а - этап активации, 3б - этап аккумуляции, 3в – этап инвестирования, 3г – этап перепроектирования

Третий этап – инвестирование. В эксплуатацию вводятся здания с литерой А2, А5-А7, С1-С6 и окружающая их территория, нуждающиеся в реставрации и требующие капитальных вложений (рис. 3в). Финансирование проекта ведется за счет частно-государственного партнерства. Объекты с литерой А2, А5-А7 остаются в распоряжении владельца в качестве административного здания, объекты с литерой С1-С6 делятся на жилые ячейки. Результатом третьего этапа является благоустройство придворовой территории, введение жилой функции, позволяющей увеличить трафик на территории.

Четвертый этап – перепроектирование. Основной задачей является повышение устойчивости развития. В эксплуатацию вводится здание с литерой D3, подлежащее музеефикации – «музей пивоварения» (рис. 3г). С популяризацией комплекса происходит трансформация функций объектов, вводимых в эксплуатацию на ранних этапах. Результатом является повышение уровня доходности комплекса, организация благоустроенной рекреационной зоны, организация общественных городских пространств.

Программа средовой регенерации способствует реализации принципов устойчивого развития за счет трансформации мощностей, освоенных на более ранних этапах.

1. Рио-де-Жанейровская декларация по окружающей среде и развитию 3-4 июня 1992 г. [Электронный ресурс] // ООН: сайт. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml

2. Вологда Vologda Первушин (Б, Э) [электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rupivo.ru/about_factory.php?id=32

3. Кохно, И.П. Вологодская ссылка Луначарского [Текст] / И.П. Кохно // Литературное наследство. – 1970. – Т.82. – С. 603-620.

4. Анисимова Л.В. Методические основы регенерации исторической городской среды [Текст]: учебное пособие/ Л.В. Анисимова, Л.Ю. Анисимов, Е.Н. Титоренко, В.Ю. Анисимов; под ред. Л.В. Анисимовой; М-во обр. и науки РФ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2017. – 97с. : ил., табл.

5. Желнина, А. А. Креативность в городе: реинтерпретация публичного пространства[Текст]/А.А. Желнина // Журнал социологии и социальной антропологии. –2015. –Т. XVIII. № 2(78). –С. 45-59.

6. Волкова, Т.Ф. Реабилитация городской жилой среды. Социально- градостроительный аспект[Текст]: учеб. пособие / Т.Ф. Волкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. –116 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТА И ПЕШЕХОДА НА ПРИМЕРЕ УЛИЦ Г. ВОЛОГДЫ

Н.И. Григорьева, П.А. Столов
Научный руководитель ***Л.В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Целью данного исследования является анализ сложившейся ситуации разделения транспортных и пешеходных потоков в городской среде на примере г. Вологды, а также выявление проблемных мест в транспортно-пешеходной сети.

Задачи исследования: проведение натурного анализа приемов и средств разделения транспортно-пешеходных потоков на улицах разного класса. Для исследования были выбраны следующие улицы: 1) ул. Мира – магистральная улица общегородского значения, 2) ул. Ярославская – магистральная улица районного значения, 3) ул. Панкратова – магистральная улица районного значения, 4) ул. Южакова – улица местного значения.

Методика исследования: графо-аналитическая с натурным обследованием. В ходе анализа выполнены фотофиксация сложившейся ситуации, проведены замеры улиц, на основании которых начерчены автодорожные поперечные профили. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с нормативными документами, в результате которого были выявлены соответствующие и несоответствующие нормативным документам профили и средства разделения транспорта и пешеходов.

Основной задачей пешеходной организации города является физическое, психологическое и визуальное отделение пешехода от транспортных средств. Эта цель обусловлена необходимостью обеспечить максимальную безопасность не только здоровых пешеходов и людей с ограниченными возможностями по зрению, слуху, но и других участников движения. К ним относятся: велосипедисты, мамы с колясками, люди, движущиеся на инвалидных устройствах со скоростью пешехода и выше скорости пешехода. Организация транспортного движения в городах должна обеспечивать надлежащее гигиеническое состояние окружающей среды, что особенно важно для центральных зон исторических городов, отличающихся чрезмерной концентрацией транспортных средств и пешеходов.

Анализу подвергались следующие параметры: скоростной режим дорожного движения на конкретной магистрали, количество и ширина полос проезжей части, наличие или отсутствие парковочных мест вдоль магистрали, зеленых полос, как одного из средств безопасного разделения транспорта и пешеходов [1, 2, 3, 4]. А также ширина тротуаров, возможность организации выделенной полосы для движения велосипедистов и других мало мобильных участников движения[5, 6].

В результате анализа каждой из территорий авторами выявлены следующие приемы и средства организации.

Улица Мира

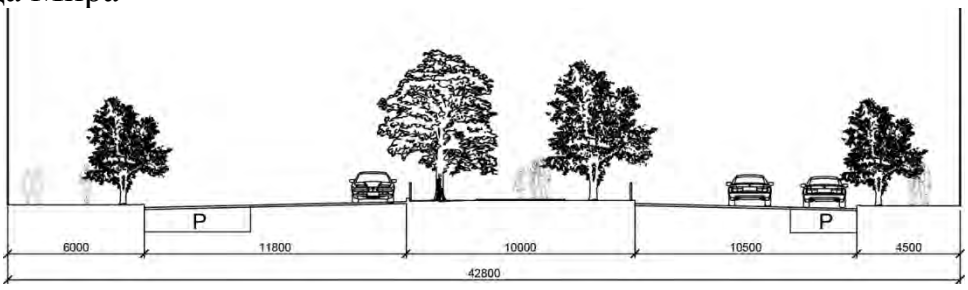


Рис. 1. Участок дорожного профиля №1 в границах ул. Лермонтова и пр. Победы

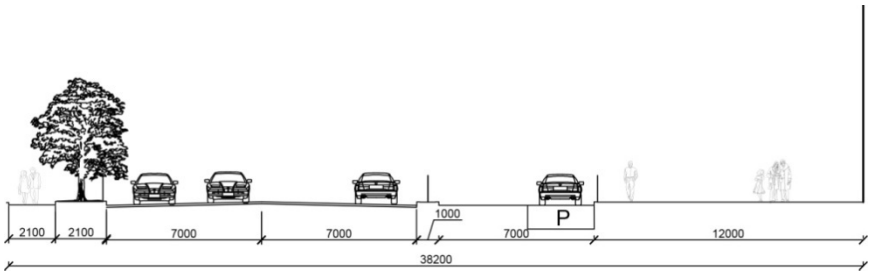


Рис. 2. Участок дорожного профиля №2 в границах улиц Чехова и Октябрьская протяженностью 150 м

• Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Лермонтова и пр. Победы.

Данный дорожный профиль обеспечивает необходимое разделение транспортных и пешеходных потоков за счет наличия широких тротуаров, полосы для параллельной парковки и полосы озеленения.

• Участок дорожного профиля №2 в границах улиц Чехова и Октябрьская протяженностью 150м.

Данный дорожный профиль частично соответствует современным требованиям разделения потоков транспорта и пешеходов. Частично разделение обеспечивается с помощью забора между проезжей частью и тротуаром, что не соответствует современным тенденциям в разделении потоков.

Улица Ярославская.

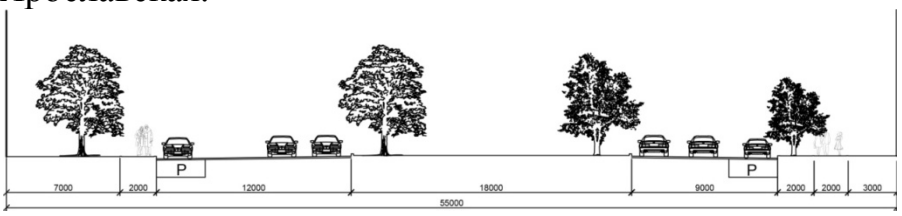


Рис. 3. Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Ленинградская и Возрождения

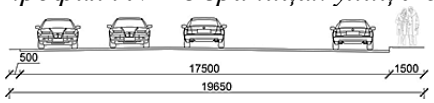


Рис. 4. Участок дорожного профиля №2 в границах улицы Возрождения и Пошехонского шоссе

• Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Ленинградская и Возрождения.

Данный дорожный профиль обеспечивает необходимое разделение транспортных и пешеходных потоков за счет наличия широких тротуаров, полосы для параллельной парковки и полосы озеленения (с одной стороны).

• Участок дорожного профиля №2 в пределах улиц Возрождения и Пошехонское шоссе.

Данный дорожный профиль не соответствует современным требованиям разделения потоков транспорта и пешеходов (отсутствие разделительных полос и полос озеленения между потоком транспорта и пешеходами, отсутствие тротуара на одной из сторон улицы).

Улица Панкратова

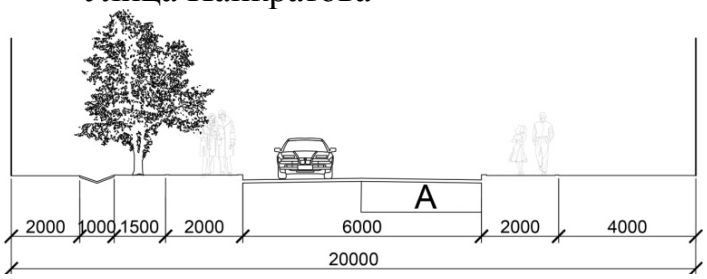


Рис. 5. Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Южакова и Щетинина

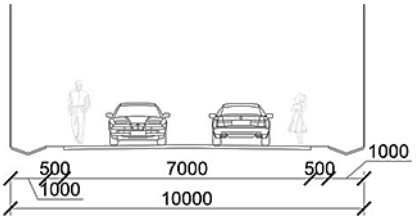


Рис. 6. Участок дорожного профиля №2 в границах улиц Гончарная и Южакова

• Участок дорожного профиля №1 в пределах улиц Южакова и Щетинина.

Данный дорожный профиль не соответствует современным требованиям разделения потоков транспорта и пешеходов (отсутствие разделительных полос и полос озеленения между потоком транспорта и пешеходами).

• Участок дорожного профиля №2 в пределах улиц Гончарная и Южакова.

Данный дорожный профиль не соответствует российским нормам магистральных улиц районного значения (отсутствие тротуаров, отсутствие разделительных полос и полос озеленения между потоками транспорта и пешеходами, отсутствие системы водостока (наличие канав).

Улица Южакова

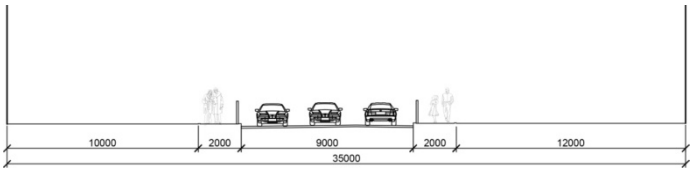


Рис. 7. Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Гончарная и Солодунова

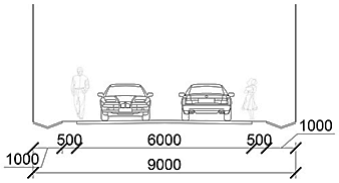


Рис. 8. Участок дорожного профиля №2 в границах улиц Панкратова и Гагарина

• Участок дорожного профиля №1 в границах улиц Гончарная и Солодунова.

Данный дорожный профиль частично соответствует современным требованиям разделения потоков транспорта и пешеходов, но требует доработки (добавление полосы озеленения)

• Участок дорожного профиля №2 в границах улиц Панкратова и Гагарина.

Данный дорожный профиль не соответствует российским нормам улиц местного значения (отсутствие тротуаров, отсутствие разделительных полос и полос озеленения между потоками транспорта и пешеходами, отсутствие системы водостока (наличие канав).

Теоретические исследования показывают, что наиболее безопасными способами отделения пешеходного потока от проезжей части являются: парковочные места, отделяющие пешехода от движущегося транспорта, выделенная полоса для общественного транспорта, велодорожка, идущая между пешеходом и проезжей частью, полоса озеленения, ограждения.

Таким образом, можно сделать вывод, что часть участков улиц города Вологды не соответствует требованиям безопасной организации движения всех участников движения и требует реконструктивных мероприятий.

Проектное задание на реконструкцию магистральных улиц общегородского значения содержит следующие позиции:

Разделение территории на зоны транзитного движения пешеходов (4 м.), велосипедистов(2м.) и зоны отдыха. Полосу для движения велосипедистов предусмотреть между полосой параллельной парковки и полосой озеленения, там где позволяет ширина в красных линиях. Предусмотреть отделение велодорожки от полосы парковки с помощью столбиков или разделительной полосы. Предусмотреть места расстановки возможных малых архитектурных форм.

1. Установка эстетичных ограждений.

2. Выделение крайних полос для общественного транспорта на магистральных улицах городского значения.

3. Обновление дорожного покрытия обеспечивающего разделение потоков с помощью различных материалов мощения.

4. Создание полос озеленения там, где они отсутствуют.

Проектное задание на реконструкцию магистральных улиц районного значения:

1. Разделение территории на зоны транзитного движения пешеходов (2,25 м.) и велосипедистов(1,5 м.) там, где позволяет ширина в красных линиях. Выделение велодорожки и проезжей части с помощью столбиков или разделительной полосы.

2. Устройство тротуаров на всех участках улиц.

3. Создание эффективной и современной системы водостока.

4. Обновление дорожного покрытия предусматривающего разделение потоков с помощью различных материалов мощения.

Проектное задание на реконструкцию улиц местного значения:

1. Разделение территории на зоны транзитного движения пешеходов(2 м.) и велосипедистов(1,5 м.) там, где позволяет ширина в красных линиях. Пре-

дусмотреть отделение велодорожки от проезжей части с помощью столбиков или разделительной полосы.

2. Устройство тротуаров на участках улицы там, где они отсутствуют.

3. Создание эффективной и современной системы водостока.

1. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89

2. СНИП II-К.3-62 Улицы, дороги и площади населенных мест. нормы проектирования.

3. Вучек Вукан . Р. Транспорт в городах удобных для жизни / Вукан Р. Вучек под ред. Маяцкий М. – М.: Территория будущего, 2011.

4. Блинки М.Я., Решетова Е.М. Безопасность дорожного движения. История вопроса, международный опыт, базовые ситуации / М.Я. Блинкин, Е.М. Решетова. – М.: издательский дом ВШЭ, 2013.

5. Анисимова Л.В. Городской ландшафт. Социально-экологические аспекты проектирования / Л.В. Анисимова. – Вологда: ВоГТУ, 2002.

6. Глазычев В.Л. Городская среда. Технология развития: настольная книга / В.Л. Глазычев. – М.: издательство Ладья, 1995.

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ МАЛОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА

Д.В. Подсосенная

Научный руководитель ***Л.В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Малые исторические города, являются носителями аутентичной культуры народа и его истории. Однако, к современным проблемам малых исторических городов, следует отнести миграцию трудоспособного населения, слабо развитую социальную и культурную жизнь, низкий уровень инженерной инфраструктуры, ограниченность экономической базы, отсталость в технологии промышленных предприятий, высокий уровень износа основных фондов, безработица [1].

Целью исследования является разработка методики повышения конкурентной идентичности малого исторического города путем комплексной регенерации городской среды на примере Белозерска. Исследованием проблем конкурентной идентичности малых исторических городов России и поиском путей решения занимались: А.Е. Енин, С.Х. Исмагилова, Е.А. Залетова, Н. В. Барабошина, Н. Е. Андреева, А. И. Богатырёв, И. Г. Зеленцова, И. В. Василенко, С.О. Кудрякова, И.А.Медведева, М.Н. Гадлевская.

Новизна научного исследования заключается в предложении поэтапной методики регенерации среды и разработки сценариев историко-культурного и событийного туризма на основе кластерного подхода.

Белозерск – малый исторический город, один из древнейших в России, основан в 862 году. Город пережил периоды рассвета и деградации. Сегодня это районный центр с населением 9000 жителей, за последние 20 лет численность упала на 3200 жителей. В 15-16веке крупный торгово-купеческий центр, через который проходит водный транзитный путь, связывающий Север и Юг России. С изменением транспортного сообщения город лишился источников финансирования, оказавшись в стороне от железной дороги и транзитных автомобильных трасс.

Белозерск полностью сохранил историко-культурный ландшафт в неизменном виде, традиционный уклад жизни, самобытный характер, природное окружение, сомасштабную человеку городскую среду. Город обладает большим культурно-историческим потенциалом, внесен в перечень исторических поселений России. Здесь сосредоточено 6 объектов культурного наследия федерального значения, среди них уникальный фортификационный объект - Белозерский вал, построенный в 15в. при Иване III [3]. Также имеется 46 объектов культурного наследия регионального значения (ОКН), 1 ОКН археологии, 1 выявленный ОКН. Большой вклад в развитие города внесло купеческое сословие. Многие объекты были построены в период 19-20вв., которые до сегодняшнего дня сохранились в неизмененном виде. В Белозерске раньше находилось 17 церквей, действующими являются4.Спасо-Преображенский собор (17 в.) и Успенская церковь (16в.), обладают уникальными деревянными иконостасами, работы белозерских мастеров. В 20 веке Белозерск становится съемочной площадкой фильма «Калина красная».

Однако, этот ценный историко-культурный потенциал города, привлекающий интерес туристов, не эффективен в условиях не конкурентного сервиса, низких стандартов обслуживающей инфраструктуры, типового благоустройства территории, отсутствия координации между органами управления, туристическими компаниями, горожанами и бизнесом[2].

Автором предложена методика повышения конкурентной идентичности города Белозерска, содержащая несколько стадий:

1) определение культурно-исторического потенциала города и направления развития идентичности Белозерска;
2) выявление зон активности в использовании территории;
3) формирование туристических кластеров города;
4) разработка этапов освоения территории.

С помощью ментального картографирования, а также исследования туристического потенциала города Белозерска были выявлены границы территориального ядра города, вложения первичных средств в развитие которого позволит получить наибольший эффект. Концентрация усилий и необходимость

развития этого городского ядра в первую очередь позволит создать максимальный социальный и экономический эффект [3], [4]. В отсутствии федерального и областного финансирования, горожане осознают необходимость поиска внутренних резервов. Имеющийся историко-культурный потенциал, является бесценным достоянием и уникальным ресурсом города, который может стать источником инвестиций, при условии правильного использования. Для реализации программы повышения конкурентной идентичности города предлагается создать 4 туристических кластера, раскрывающих особую неповторимость Белозерска. Управляющей компанией туристических кластеров является информационно-туристический центр, со своими подразделениями. Данные организации разрабатывают и вводят стандарты качества предоставляемых туристических услуг. Требования к стандартам качества распространяются на ресторанный и гостиничный бизнес, сервисы гостеприимства, уровень квалификации экскурсоводов и музейных работников, выставочные экспонаты, а также на познавательно-развлекательные сервисы. Определяется целевая аудитория, на которую ориентированы музейно-экскурсионная, развлекательно-познавательная и сервисная деятельность в рамках одного кластера.

Кластер «Белозерск древний». Целевая аудитория: семьи с детьми, младшие школьники, подростки, люди зрелого возраста, иностранные туристы. Данный маршрут знакомит нас с городом на период 15 века. Это границы древнего городища внутри земляного вала, с частичной реконструкцией древнего быта (музеи охоты, рыбалки), реконструкции оборонительных сооружений.

Кластер «Белозерск купеческий». Целевая аудитория: молодые активные предприниматели, подростки, старшие школьники, активные пенсионеры, иностранные туристы, бизнесмены, люди, интересующиеся традиционными производствами. Туристы погружаются в купеческую атмосферу города периода 19 в.- начала 20 в. Воссоздается атмосфера и обстановка бывших купеческих домов, торговых лавок, традиционных мануфактур, воспроизводящих продукцию ручного изготовления.

Кластер «Белозерск кинематографический». Целевая аудитория: творческая молодежь, публика, ностальгирующая по фильму «Калина красная», кинематографическая элита, профессионалы кино-цеха. Маршрут прокладывается по местам съемок фильма-покаяния Василия Шукшина «Калина красная». Воссоздаются декорации, особая атмосфера съемок, восстанавливаются интерьеры кафе и клуба 60-ых годов XX века.

Кластер «Белозерск духовный». Целевая аудитория: паломники и исследователи православной культуры, иностранные туристы, реставраторы, искусствоведы. В восстановленных и отреставрированных храмах, переданных епархии возобновляются службы. Храмы становятся местами духовного паломничества, одновременно сохраняя и восстанавливая музейные экспонаты.

Процесс регенерации городской среды происходит поэтапно, с привлечением разных групп участников и различных способов финансирования.

Первый этап – самоорганизация населения.

На данном этапе происходит активация инициатив местных жителей. Организуются лекции по стимулированию предпринимательской деятельности в сегменте малого бизнеса, поддерживаются частные инициативы в сфере гостеприимства (гостевые дома, комнаты, хостелы). Проводятся субботники по расчистке общественных пространств, активизация местных жителей для создания точек роста городской среды (малые формы, места для общения, игровые устройства).

Регулирование качества услуг формируется через конкурирование торгово-ремесленных площадок с местной снедью, и уникальными местными производствами. Аренда объектов недвижимости, не имеющих исторической ценности и пустующих в настоящее время. Открытие информационно-туристического центра [5].

Второй этап – внедрение государственно-частного партнерства. Аккумуляция средств.

На этом этапе вводятся новые объекты туристической деятельности такие как ремесленный городок, частные музеи быта, водные маршруты вдоль канала, реконструкция и ввод в эксплуатацию гостиниц разного класса, регулирование качества услуг питания, благоустройство общественных пространств города, расширение торговых рядов. Ремесленный городок позволит увеличить интерес к территории внутри городского вала. Частные музеи «дом купчихи Сераго», литературная кофейня, музей «Русская изба» позволят реализовать программу презентаций и дегустации продукции, основанной на традиционных ручных технологиях.

Третий этап – дифференциация исторического центра Белозерска на территории специализированных туристических кластеров. Аккумуляция средств с частичным вложением. В кластере «Белозерск древний» открытие ресторана национальной кухни, event холла, парка«Душа Белозерья», благоустройство входной зоны в Белозерское городище. В кластере «Белозерск купеческий»: открытие мануфактуры по изготовлению аутентичной продукции, реконструкция здания и территории информационно-туристического центра ревитализация торговых рядов. Приспособление купеческих домов для создания: музея-ресторана, музея-гостиницы музея-театра и театрального дворика. В кластере «Белозерск духовный»:реставрация храма Рождества Иоанна Предтечи, построенного по проекту Баженова. Консервация Пятницкой и Покровской церкви, а также руин храма Спаса на горе. В кластере «Белозерск кинематографический»: реконструкция кинотеатра «Балтика».

Четвертый этап.

Строительство причала станет важным элементом для выхода туристической сферы города на международный уровень, за счет аккумулированных средств и государственной поддержки. Белозерск войдет в состав городов в маршруте «серебряное ожерелье России». Одновременно запускается благо-

устройство рекреационных зон: пляж и бечевник, что повысит привлекательность городской среды. Благоустройство общественных пространств центра, которые являются связующими элементами в городской ткани и служат для отдыха, общения, развлечений местных жителе и туристов. В кластере «Белозерск купеческий» открытие дома-музея купца Калинина, Манина, музея «игры и забавы». Расширение мануфактурного производства согласно исторической локации тех или иных видов деятельности в купеческих семьях. В кластере «Белозерск духовный»:реставрация Богоявленской и Успенской церкви, консервация фундамента храма Василия Великого.

Таким образом, регенерацию исторической городской среды необходимо проводить поэтапно, привлекая как можно больше представителей социальных групп: местные жители, муниципалитет, предприниматели. Повышение конкурентной идентичности городской среды реализуется в рамках кластерного подхода. Эффективность реализации программы по развитию туристического брендинга города Белозерска зависит от взаимодействия подразделений туристических кластеров между собой и информационно-туристическим центром, администрацией города, городским сообществом.

1. Кудрякова, С.О. Проблемы развития малых исторических городов России и пути их решения / С.О. Кудрякова // Сервис в России иза рубежом. – 2012. – № 8 (35). – С. 53-60.

2. Анисимова Л.В. Методические основы регенерации исторической городской среды: учебное пособие / Л.В. Анисимова, Л.Ю. Анисимов, Е.Н. Титоренко, В.Ю. Анисимов. – Вологда, ВоГУ, 2017. – 97с.

3. Подсосенная, Д.В. Исторический город в представлении местных жителей. Ментальное картографирование в малом городе /Д.В. Подсосенная, Л.В. Анисимова// Актуальные проблемы архитектуры и дизайна материалы Всерос. науч. конф. с межд. уч., 26-29 сент. 2017г. / УрГАХУ. – Екатеринбург, 2017. – С. 345-350.

4. Подсосенная, Д.В. Исследование туристического потенциала города Белозерска / Д.В. Подсосенная, Л.В. Анисимова // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: материалы межд. науч.-практ. конф., 22-23 апр. 2017г. / ТИУ. – Тюмень, 2017. – С. 288-295.

5. Богатырь Т.В. Бизнес. Формирование стратегии развития региона в сфере туризма / Т.В.Богатырь, А.А. Бровилова//Наука. Образование: проблемы, перспективы, стратегии: материалы Россейс. заоч. науч.-практ. конф., 26мая 2015г. / ВИБ. – Вологда, 2015. – С. 560-565.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕЗЕРВОВ ЗАСТРОЙКИ Г. ВОЛОГДЫ

М.Е. Серова, Ю.В. Смирнова
Научный руководитель ***Л. В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

С каждым годом численность населения в современных городах постоянно растет. Отмечается резкий рост урбанизации населения, что в результате ведет к территориальному расползанию городов и использование сельскохозяйственных земель под строительство. Сложившаяся ситуация неблагоприятно сказывается на формировании городской ткани, ведет к социальным, экономическим, транспортным проблемам и влияет на жизнь горожан. Следовательно, необходимо рассматривать новые парадигмы освоения территорий.

В качестве стратегии пространственного развития территории передовые города мира меняют формат стратегического планирования, который существенно отличается от традиционных приемов. Одним из новых форматов перспективного планирования развития города является мастер-план, который в отличие от генерального плана предполагает методологию развития города в долгосрочной перспективе. Разработка мастер-плана предполагает соучастие жителей, координацию власти и регулирующих документов, а также ориентацию на инвестиционную привлекательность в долгосрочной перспективе [1].

Одной из проблем современных городов, в том числе и Вологды является дефицит территориальных ресурсов в центральной части города, и одновременно, неэффективное использование депрессивных участков застройки с неразвитой инфраструктурой, ветхим и аварийным жильем.

Главной целью исследования является анализ сложившейся городской территории для определения её потенциала. Поиск территориальных резервов позволит увеличить плотность, а также создаст условия для мероприятий по дальнейшей регенерации депрессивных участков.

Исследование теоретических источников, описывающих возможные стратегии развития планировочной структуры города и регенерацию исторической ткани, создают базовую основу для определения методики предпроектного анализа[2, 3, 4].

В качестве исследуемой территории был выбран участок в городе Вологде, в границах улиц Ленинградская, Октябрьская и железнодорожных путей окружной железной дороги. Методы исследования: натурное обследование территории, фотофиксация, комплексный графо-аналитический анализ послойных схем исследуемого участка застройки.

На первом этапе исследования были составлены аналитические схемы транспортно-коммуникационного каркаса выбранной территории. Выявлен процент свободных от застройки и открытых озелененных территорий. На втором этапе определена плотность существующей жилой застройки, отражающая нынешнюю ситуацию, а также этажность и степень её износа. Выявлены кадастровые границы и стоимость участков земли. Стоимость территории варьируется от 1500 до 14500 рублей за квадратный метр. Причем наиболее дорогие участки находятся не только вдоль магистральной улицы (ул. Ленинградской), но и вдоль улицы местного значения (ул. Кирова). Третий этап анализа посвящен изучению сложившейся социальной инфраструктуры и функциональному использованию территории. Четвертый этап предполагает анализ ПЗЗ города, а также историко-градостроительного плана. Целью этого этапа является анализ ограничений, накладываемых на функциональное использование территории, а также работу с зонами объектов культурного наследия. Поскольку территория не содержит объектов культурного значения, и только примыкает к кварталам исторической застройки, описание этого этапа не приводится.

Рис. 1. Транспортная инфраструктура. Открытые пространства общего пользования. Озеленение

Исследование транспортно-пешеходной системы показало, что территория ограничена с севера и востока магистралями городского значения (Ленинградская, Октябрьская), с запада окружной железной дорогой (рис. 1). Жилые

улицы Кирова, Воровского и Пролетарская разбивают пространство сеткой кварталов, сопоставимой с традиционно-историческим типом Екатерининской планировки. На территории имеются участки свободные от застройки общественного пользования и участки, занятые зелеными насаждениями в виде бульваров и придомовых озелененных пространств (рис. 1). В процентном соотношении площадь застроенных территорий составляет – 43%, свободных благоустроенных – 16%, неблагоустроенных – 41%.

В результате анализа выявлено, что транспортная сеть на исследуемой территории развита достаточно плотно. Однако магистральная улица городского значения Октябрьская имеет тупиковое завершение в месте пересечения с железной дорогой. Следовательно, не имеет выхода на другие общегородские магистрали, и как следствие, на этом участке она превращена в жилую улицу. Во внутриквартальных пространствах плохо развита транспортная система внутридворовых проездов, много тупиковых путей, петель и не рационально запутанных объездов. Открытые пространства общего пользования сосредоточены в районе ул. Ленинградская и ул. Воровского. Детские площадки, расположенные на придомовых территориях находятся в неудовлетворительном состоянии. Территории зеленых насаждения рассредоточены и занимают большую площадь квартала. Неблагоустроенные территории занимают практически такую же площадь, что и благоустроенные, и могут в дальнейшем быть использованы в качестве резервов для формирования будущей застройки.

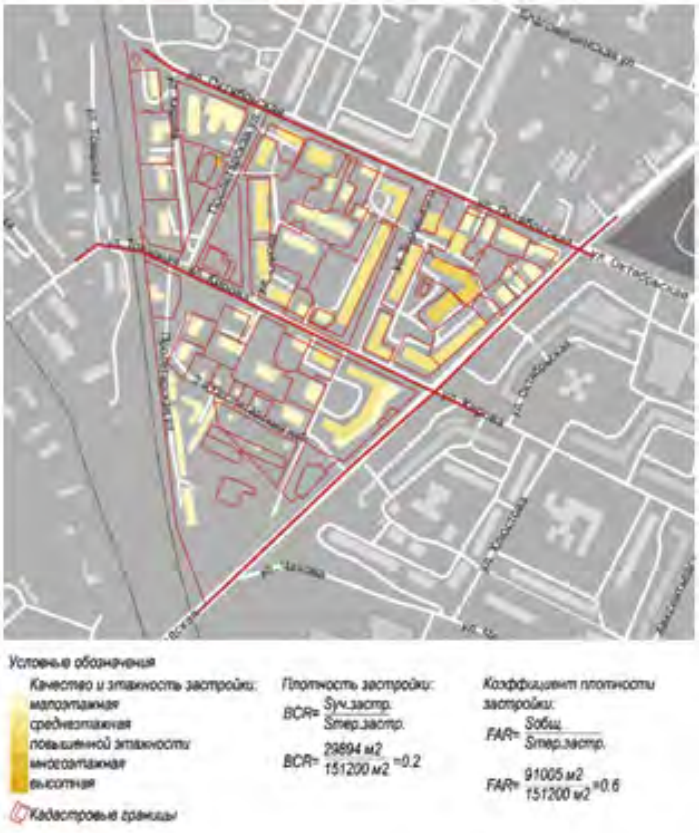


Рис. 2. Кадастровые границы территорий. Качество и этажность застройки

Анализ транспортно-пешеходной схемы показывает, что обслуживание территории общественным транспортом сосредоточено только в зоне влияния ул. Ленинградской из-за расположения там остановки, остальная часть имеет недостаточную пешеходную доступность.

Анализ этажности существующей застройки и кадастровых границ согласно кадастровой карте г. Вологды показал, что процент не размежеванных земель составляет примерно 48%. Принадлежность этих земель не удалось установить. В квартале преобладает застройка малой и средней этажности, кроме того располагаются здания повышенной этажности и многоэтажные. Ветхая и дисгармоничная застройка составляет 21% от общей площади застройки, которая включает полуразрушенные жилые здания, несанкционированно установленные гаражи и склады. Коэффициент плотности застройки FAR, на исследуемой территории составляет 0.6, BCR-0.2, что ниже нормативных данных.Нормативные данные для городской застройки BCR- 0.4-0.6, FAR- 1.2-1.6. Показатели исследуемой территории занижены в два раза. Таким образом, регенерация исследуемой территории предполагает уплотнение застройки и снос ветхих построек.

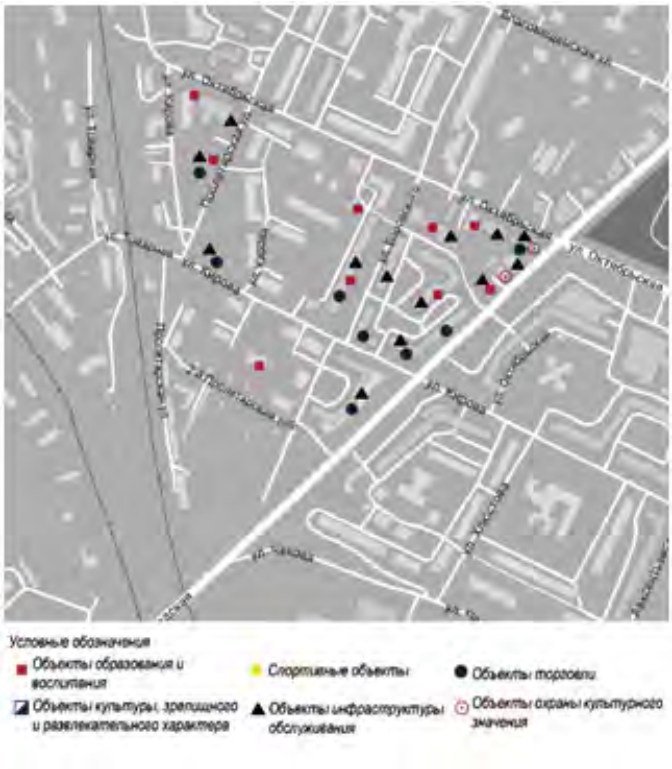


Рис. 3. Объекты инфраструктуры

Анализ объектов обслуживающей инфраструктуры, образования и воспитания, торговли и объектов культурного наследия показал, что большая часть объектов инфраструктуры, торговли и образования сосредоточены вдоль улицы Ленинградской (рис. 3). Объекты образования и воспитания

расположены согласно нормативным требованиям и покрывают радиусы доступности. Плотность насыщения объектами обслуживания неравномерна. Внутриквартальные территории, и начало ул. Пролетарской вообще не имеют инфраструктурного обслуживания. Наисследуемой территории отсутствуют объекты культуры, зрелищного и развлекательного характера, а также спортивные объекты.

Наложением аналитических схем друг на друга выявлены зоны наиболее остро нуждающие в регенерации городской среды. Среди наиболее приоритетных задач по устранению недостатков исследуемой территории можно назвать следующие: большой процент дисгармоничной и ветхой застройки; низкая плотность застройки; плохо организованные открытые пространства общего пользования на внутриквартальной территории; высокий уровень шума вблизи железнодорожных путей; отсутствие объектов культуры, зрелищного и развлекательного характера;отсутсвие спортивных объектов.

Для реализации программы регенерации необходимо поэтапное внесение изменений и выполнение сравнительных вариантов мастер-планов.

Один из вариантов мастер-плана предлагает увеличение плотности за счет застройки малой и средней этажности, что соответствует зоне застройки примыкающей к историческому ядру города. Освоение пустующих территорий за счет уплотнения транспортно-пешеходной структуры, разделяющей территорию на более мелкие кварталы. Размещение новых объектов обслуживания и общественных зданий вдоль железнодорожных путей позволит создать буфер между ж/д дорогой и жилыми зданиями для организации системы шумозащиты. Предполагается вынос гаражей и индивидуальных жилых домов, находящихся в разрушенном состоянии. Сохранение озелененных территорий и наполнение их функциональным содержанием.

1.Рыбчинский В. Городской конструктор. Идеи и города// StrelkaPress. Москва, – 2014. – С. 232.

2. Анисимова Л.В. Методические основы регенерации исторической городской среды: учебное пособие / Л.В. Анисимова, Л.Ю. Анисимов, Е.Н. Титоренко, В.Ю. Анисимов: под ред. Л.В. Анисимовой; Мин-во обр. и науки РФ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2017. – 97 с.

3. Джекобс Д. Смерть и жизнь больших американских городов // Новое издательство. Москва, 2011. – С. 460.

4. Глазычев В.Л. Городская среда. Технология развития: Настольная книга / В.Л. Глазычев. – М.: Издательство Ладья, 1995.

СЦЕНАРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЬНО-БЛОЧНОГО ЖИЛЬЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ ЧУКОТКИ

А. Ю. Соловьев
Научный руководитель ***К.В. Кияненко,*** *д-р архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Данная статья посвящена методике проектирования жилищ в условиях, когда конкретная территория строительства и будущие обитатели малодоступны, технологические ресурсы территории скудны, а предпроектная информация частична.

Предлагаемая стратегия проектирования и модульно-блочного строительства близка к принятым в типовом домостроении решениям. Однако, главный недостаток типовых решений – это отсутствие адресности по отношению к потребителю. Типовые решения, разработанные в Советском Союзе, могли учитывать климатические особенности региона, однако культурный контекст игнорировался. Современные веяния в архитектуре обязывают учитывать не только бытовые потребности потребителя, но и социокультурные. Недостаток информации, не позволяющий составить подробный портрет обитателя, ввиду удаленности места, компенсируется гибкостью проектных решений, которые могут быть адаптированы под местный культурный контекст.

Цель исследования: создание методики проектирования для удаленных регионов, учитывающей культурные особенности традиционного жилища народов Севера и современные потребности жителей.

Задачи: изучить природный, социальный, культурный, экономический, технологический контекст проектирования; изучить теоретические и методические основы удалённого сценарного проектирования; выработать предложение по проектной системе для условий Чукотки (пос. Лаврентия).

Методы исследования: анализ литературных источников, данных об очередниках муниципалитета, данных маркетингового исследования, фото и видеоматериалов.

Полигоном для апробации авторских исследований был выбран пос. Лаврентия Чукотского АО. Под *сценарным проектированием* подразумевается поэтапное развитие жилья. Автор создает определенный набор стартовых модулей, которые доставляются на место, а варианты дальнейшего развития определяются жильцом при помощи инструментов предложенных автором, или с применением местных строительных технологий. Выбор стратегии сценарного проектирования связан с территориальной удаленностью данного региона и плохой транспортной доступностью. Кроме того регион проектирования обладает экстремальными климатическими условиями. Территория находится за северным полярным кругом, климат морской, высокие ветровые нагрузки. Наибольшая сложность была связана с получением данных об образе жизни.

Попытки анкетирования населения не давали требуемого результата. Определенную сложность представляло составление «портрета обитателя».

Предложена концепция *растущего дома*. Под термином растущий дом автор подразумевает *стартовый модуль*, ориентированный на горожан со средним доходом, предполагающий по этапное расширение в зависимости от конкретных потребностей и материальных возможностей владельца. Расширение позволяет увеличить площадь дома, не затрагивая жилых помещений и не мешая жизни в них. [1], [2]. Модульно-блочная технология позволит решить проблемы строительства в условиях экстремально-низких температур и скудности ресурсной базы региона.

Были выделены основные факторы, влияющие на поэтапное строительство и последующую адаптацию базовой жилой модели:

1) социально-демографические;
2) социально-культурные;
3) индивидуально-психологические.

Матрица уровней проектирования, представленная на рис., демонстрирует предлагаемую автором модель поэтапного формирования жилья.

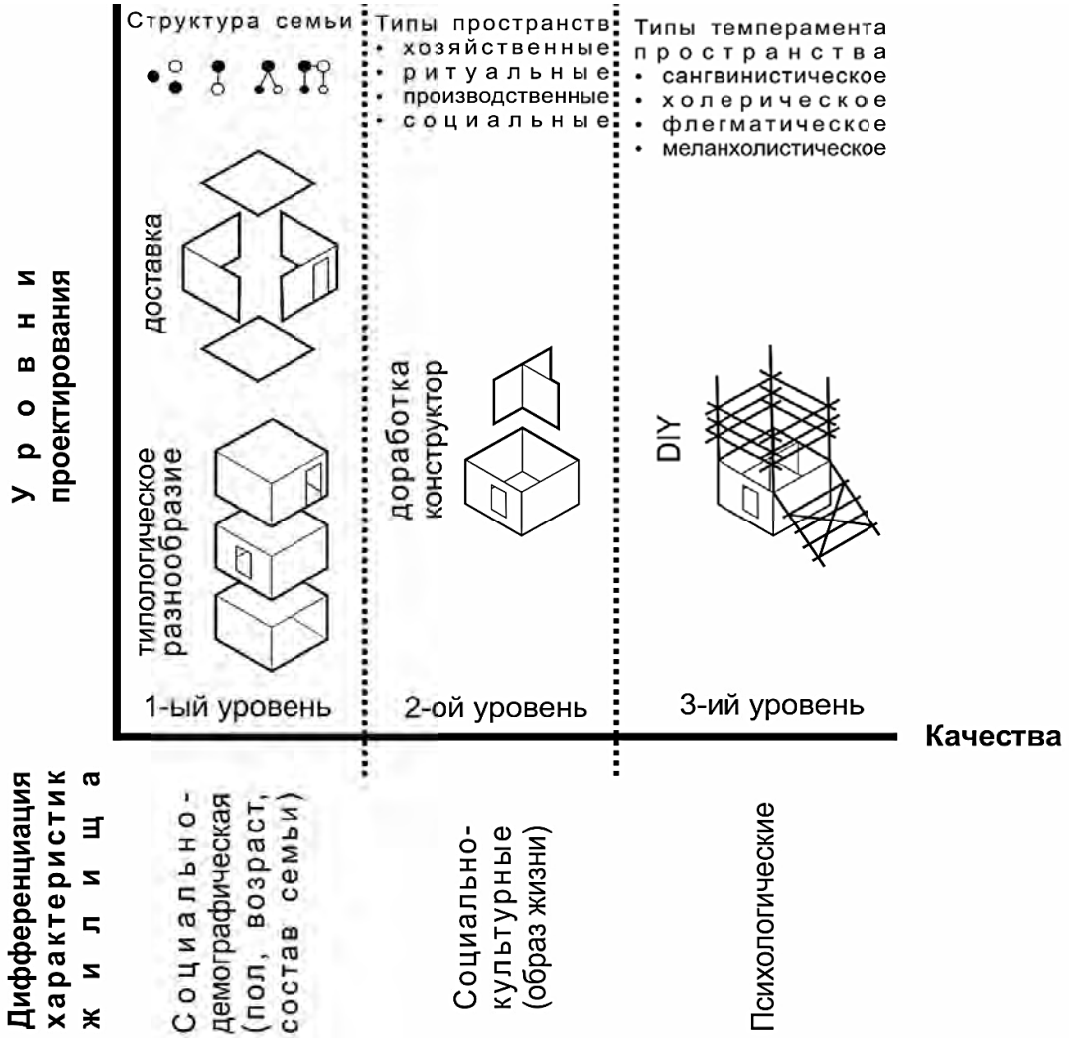


Рис. Матрица уровней проектирования

Первый уровень предполагает проектную разработку, изготовление «на материке» и удаленный заказ требуемых жилых модулей. Заказчик закупает необходимые детали, которые впоследствии собираются на месте в готовые модули. Территория под строительство закрепляется установкой фундамента.

Проектирование на данном этапе опирается на социально-демографические показатели и определяет общую площадь жилищ. В секторе социального жилья площадь определяется как нормативно требуемая, в коммерческом секторе - финансовыми возможностями обитателя. Сравнительный анализ экономических возможностей населения Чукотки и других регионов страны показал, что в социальном секторе находится до 80% процентов домохозяйств.

Был проведен демографический анализ структуры семей, стоящих в очереди на получение социального жилья. Это молодые семьи – участники подпрограммы «Содействие в обеспечении жильем молодых семей» – и многодетные семьи государственной программы «Развитие образования, культуры, спорта, туризма и молодёжной политики Чукотского автономного округа на 2016-2020 годы» [3]. Данные о спросе на коммерческое жилье были получены из удалённого анализа рынка.

Второй уровень подразумевает возможность доработки модели на мести при помощи дополнительных конструктивных элементов - конструкторов. Так как типовое строительство носит унифицированный характер, требуется возможность адаптация базового модуля с учётом образа жизни обитателя. Исторический анализ эволюции типологии жилья Чукотки, показал, что массовое капитальное строительство, начавшееся в 50-х годах XX в. изменило привычный образ жизни. Из планировки жилья исчезли важные хозяйственно-бытовые, производственные, коммуникативные процессы, которые объединяли традиционные домохозяйства [4]. Для коренного населения Чукотки традиционными элементами быта являются совместная деятельность по добыче и переработке основных продуктов питания, а также коллективная собственность в суровых климатических условиях. В бытовой и производственной сферах такими объектами являлись зоны подготовки традиционных продуктов питания, мастерские традиционных ремесел, ритуальные пространства. Адаптация типовых модулей позволяет модифицировать и создать необходимые условия обитания.

Третий уровень предполагает возможность достройки основы, возведённой на государственную дотацию, силами жильцов с использованием местных материалов. Жители смогут сами модифицировать, развивать свое жилье, реализуя собственные замыслы, выходящие за пределы сценария, заложенного архитектором, который не может знать всех тонкостей местного культурного контекста [5].

Процессы эволюции среды обитании человека немыслимы без симбиоза приспосабливаемости людей и приспосабливаемости объектов архитектуры [6]. Симбиоз достигается путем принципа модульности, вариабельности и роста, средствами служат гибкая планировок и транспортируемость жилья. Автором предлагается специальный инструмент проектирования -*сценарная книга*, которая описывает различные варианты развития жилья для обитателя,

количества и компоновки модулей, разделения помещений перегородками, уточнения оконных и дверных проемов. Все эти процессы могут осуществляется на стадии предзаказа. После доставки модулей и монтажа, обитатель может своими силами с использованием традиционного опыта строительства наделять архитектуру аутентичными чертами. Такой подход позволяет создавать психологически комфортную среду. Данный метод используется автором для проектирования жилья на Чукотке, однако его универсальность позволяет проектировать жилье и в других регионах, где доступ к ресурсам и информации об образе жизни местного населения ограничен.

1. Бударин, Е.Л. Совершенствование архитектурных решений индивидуального жилища в зависимости от социально-демографических условий в Ставропольском крае [Текст] / Е.Л. Бударин // Строительство и реконструкция. – 2013. – №2 (46). – С. 77-85.

2. Поломошнов, А.А. Опыт проектирования «Растущего дома»/ Материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых [Текст]. – Томск: Изд-во Томский государственный архитектурно-строительный университет.– 2016.– С. 753-758.

3. Чукотский Автономный Округ [Электронный ресурс]: офиц. сайт., 2017. – Режим доступа:http://чукотка.рф (дата обращения: 20.10.2017)

4. Батьянова, Е. П. Народы Северо-Востока Сибири/ Е. П. Батьянова, В.А.Тураев – М.: Издательство Наука, 2010. – 808 с.

5. Исина А. З. Психологический фактор – как основа восприятия архитектурного пространства // Режим доступа: http://archvuz.ru/2011_22/55/.

6. Сапрыкина, Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре [Текст]: Учебник для вузов / Н.А. Сапрыкина. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 312 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЗАСТРОЙКИ МИКРОРАЙОНА «ЮГО-ЗАПАДНЫЙ» В Г. ВОЛОГДЕ

Е.Г. Тимофеева
Научный руководитель ***Л.В. Анисимова,*** *канд. архитектуры, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Развитие города без расширения его границ – является чрезвычайно актуальной задачей при реализации генеральных планов жилых образований по всему миру. Приоритетным направлением является уплотнение уже застроенных территорий, позволяющее оптимизировать распределение и использование имеющихся ресурсов, а также повышение качества городской среды и её гармонизация. Градостроительное зонирование территории является одним из основных инструментов регулирования градостроительной деятельности.

Зачастую, решение жилых территорий сводится к формальному, предписанному нормами, соблюдению санитарных разрывов и размещению минимально необходимого набора площадок. Подобное качество проектных решений не позволяет полноценно реализовать все потребности жизнедеятельности. Однако, «пространственные качества среды жилых территорий во многом зависят от социально-территориальной организации»[1].

Методом наблюдения, графо-аналитической работы, изучением нормативной документации автор исследовал один из микрорайонов в г. Вологде, сделана попытка выявления существующих проблем, влияющих на уровень качества и комфортности жилой среды. Микрорайон находится на юго-западе города и ограничивается улицами: Ленинградская, Псковская, Возрождения, Окружное шоссе. Фрагмент располагается в зоне перспективного развития инфраструктуры периферийных районов. В ближайшие годы планируется масштабное расширение жилой застройки южнее рассматриваемой территории.

Для достижения указанной цели исследования автором поставлены следующие задачи:

- определить плотность застройки территории (коэффициент плотности застройки, соответствие нормативным показателям);
- установить качество и этажность застройки;
- зафиксировать состояние транспортно-пешеходных связей жилого образования;
- выявить кадастровые границы участков и красные линии застройки;
- обозначить объекты инфраструктуры (бытовое обслуживание, образование и воспитание, торговля, спортивные объекты) и озелененные пространства;
- проанализировать совокупность полученных данных, графических схем и дать комплексную оценку существующему состоянию территории по насыщенности функциями, плотности застройки и имеющимся резервам для разработки рекомендаций по ее реновации.

При первичном подсчете технико-экономических показателей выяснилось, что плотность на территории микрорайона находится на достаточно высоком уровне, при норме – 285 чел/га, она составляет 404 чел/га.

Таблица

Результаты анализа застройки микрорайона «Юго-западный»

Показатель	Ед. изм.	
Площадь территории	га	33,4
Тип застройки		строчный, точечный
Максимальная этажность	эт.	12
Плотность застройки (BCR)		1
Коэффициент плотности застройки(FAR)		0,16
Плотность населения	чел/га	404

Анализ градостроительных регламентов позволил выявить, что действующими Правилами землепользования и застройки территория относится к категории Ж – 3 (зона застройки многоэтажными жилыми домами). На данном участке преобладает застройка строчным и точечным типами в 6-10 этажей, выполненных на основании нормативных документов: СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*), региональные нормативы градостроительного проектирования, нормативы градостроительного проектирования муниципального образования «Город Вологда». Анализ показал соответствие режимов использование территории и функционального статуса зоны, возможность ликвидации существующей дисгармоничной застройки, способы организации объекта в рамках ограничений, налагаемых на территорию [2].

Анализ этажности показал преимущественное распространение многоэтажной и среднеэтажной застройки с включением точечных домов повышенной этажности. Границы межевания участков жилых домов и детских образовательных учреждений демонстрируют достаточно плотную структуру застройки, и отсутствие свободных и неразмежеванных земель (рис. 1).

Рис. 1. Схема анализа застройки по типу, этажности, и кадастровым границам

Анализ системы транспортно-пешеходных связей показал, что территория находится в хорошей транспортной доступности и имеет непосредственную связь с центром города. Улицы Ленинградская и Окружное шоссе являются магистральными улицами городского значения и предоставляют высокую пропускную способность для разного вида транспорта. Это негативно сказывается в виде частых пробок, а также шума, пыли и грязи. Псковская и Возрождения – улицы местного значения, предоставляющие проезд для легкового и обслуживающего транспорта к магистральным улицам. Район обеспечивают три остановки общественного транспорта, находящиеся на улицах Псковская, Ленинградская, Окружное шоссе в радиусе пешеходной доступности. Система проездов к объектам инфраструктурного наполнения и жилым домам обеспечивает полноценный доступ к ним (рис. 2).

Общественная инфраструктура района представлена в основном встроенными коммерческими помещениями в жилых зданиях, временными розничными магазинами, шиномонтажными сервисами, вкраплениями физкультурно-оздоровительной составляющей. Концентрация торгово-развлекательной функции сосредоточена вдоль магистралей городского и районного значения. Размещение объектов образования и воспитания соответствует нормативным требованиям. К недостаткам общественного обслуживания можно отнести отсутствие здесь развлекательных и зрелищных сооружений (рис. 2).

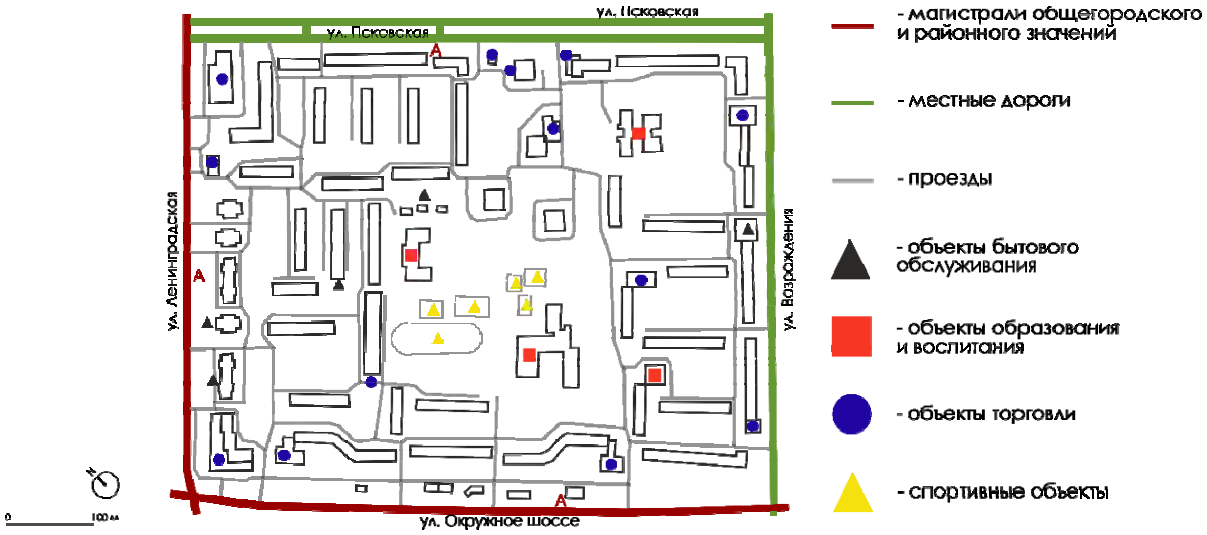


Рис. 2. Схема анализа застройки по объектам инфраструктуры и транспортно-пешеходная ситуация

Участок располагается на сложном рельефе со множеством перепадов. Зелененные пространства представлены в основном полисадниками и лужайками внутри дворов жилых домов, озеленением вокруг детских садов и школы, а также заросшим старым фундаментом на месте строительства жилого здания (рис. 3).

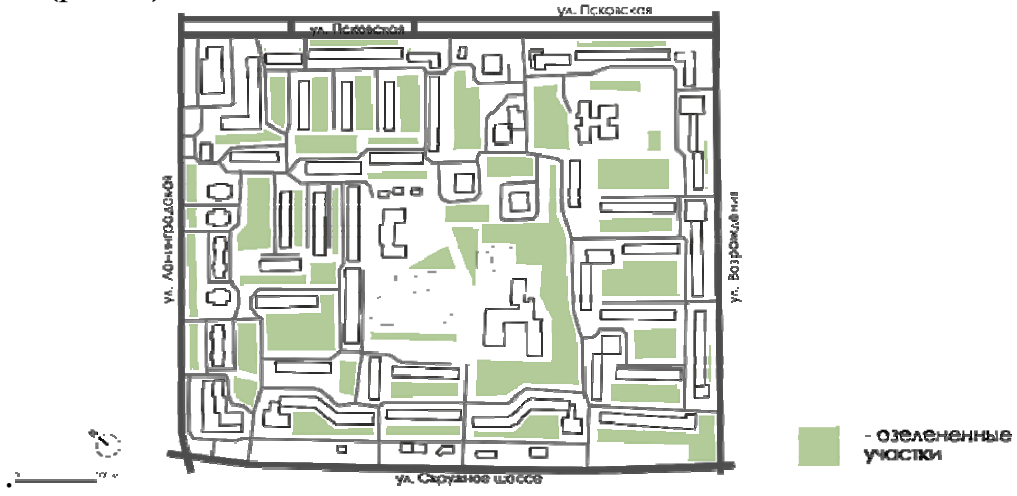


Рис. 3. Схема анализа застройки по озелененным пространствам

В результате наложения карт можно определить преимущества рассматриваемой территории: высокая плотность населения, хорошая транспортная доступность на уровне района, многообразие видов и маршрутов общественного транспорта, богатство зеленых ресурсов. Однако, натурные обследования территории и фотофиксация жилых дворовых зон демонстрируют плохую освоенность территорий, большое количество пустующих, не имеющих функционального назначения территорий, слабую пешеходную связь участков жилой застройки, а также безлюдность и пустынность дворовых пространств.

Жилая среда в районе характеризуется завышенным крупным масштабом застройки, отсутствием ориентиров и архитектурного разнообразия. Нет общественных открытых пространств, являющихся центрами притяжения населения, некачественная пешеходная среда. Жилые дворы не имеют замкнутого контура, позволяющего обеспечить безопасность и контролируемость пространства. Существует потребность в организации мест для социального общения горожанина, открытых территориях общего пользования.

Таким образом, не смотря на соблюдение всех количественных показателей и соответствие застройки градостроительному СНиПу, качественные показатели организации жизни населения не соответствуют современным требованиям. Возникает потребность в регенерации жилой среды и обеспечение пространственно-функционального разнообразия путем формирования различных по степени приватности пространств.

1. Анисимова Л.В. Городской ландшафт. Социально-экологические аспекты проектирования / Л.В. Анисимова: Учеб. пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002, С.75-76.

2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М., 2011.

3. Лимонов Л. Э., Батчаев А. Р., Березин М. П. и др. Т. 1: Региональная экономика. Теория, модели и методы. / Л.Э. Лимонов, А.Р. Батчаев, М.П. Березин, и др. – М.: ЮРАЙТ, 2014.

Секция «МЕХАНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

М.М. Абашева
Научный руководитель ***О.В. Ярыгина,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Вопросы обеспечения безопасности зданий и сооружений являются в настоящее время одними из наиболее актуальных и важнейших задач государственной политики в области безопасности. Перед строителями России и других стран остро стоит проблема по разработке методов и методик расчетов безопасности зданий и сооружений, а также отдельных несущих элементов.

Несущая способность – это свойство конструкции воспринимать, передавать и распределять нагрузку на другие конструкции с гарантированной обеспеченностью безотказной работы или внутреннее сопротивление несущих элементов. Мерой несущей способности является максимальная сила или внешняя нагрузка, которую может выдержать конструкция, не разрушаясь и не приводящая к предельным значениям деформаций или перемещений (по условию жесткости). [1]

Несущая способность конструкций определяется экспериментальными (разрушающими и неразрушающими) и теоретическими методами с использованием информации о свойствах и качествах входных параметров и параметров системы, например о характере и значениях воздействий, физико-механических свойствах материалов, расчетных схемах систем и т.д.

Для эксплуатируемых конструкций большой практический интерес представляют неразрушающие методы. Выявленная несущая способность эксплуатируемых конструкций называется остаточной. Она позволяет установить значение безопасной нагрузки на конструкцию, оценить надежность несущих элементов или выявить резерв прочности и остаточного ресурса.

Теория надежности устанавливает закономерности возникновения отказов элементов в составе конструкций и конструкций в целом как сложных механических систем, а так же разрабатывает методы их прогнозирования; изыскивает способы повышения надежности механических систем на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации, как основных показателей качества строительной продукции.

Понятие «надежность» используется во всех сферах деятельности человека – в науке, технике, медицине, быту и т.д. Под надежностью конструкций

понимается свойство конструкции выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей в пределах, установленных ГОСТ 27751-2014. [2]

В последнее время ряд крушений и аварий строительных объектов, а так же наши и зарубежные достижения в науке о надежности, остро поставили перед строителями России проблему по разработке методик и внедрения их в практику для таких важнейший показателей качества строительной конструкции как надежность и живучесть на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации конструкций.

Определение надежности является важной и сложной задачей. Сложность анализа надежности конструкций и систем состоит в многочисленности факторов случайной природы, в их индивидуальности и многофункциональности. В расчетах надежности строительных конструкций исходят из того, что все воздействия на конструкцию (входные параметры), все прочностные, геометрические, деформационные и физические характеристики (параметры системы) представляют собой случайные величины, изменяющиеся во времени. В результате их взаимодействия входные параметры (реакции) системы также являются случайными. В связи с этим расчеты конструкций с учетом неопределенностей усложняются по сравнению с расчетами при детерминированных параметрах и ответы во многом зависят не только от точности методов расчета, но и от той изменчивости, которой обладают входные параметры и параметры системы.

Для определения надежности необходима следующая информация:

- математическая модель предельного состояния;
- функции распределения параметров математической модели предельного состояния;
- значения параметров этих функций распределений;
- зависимость/независимость между параметрами модели.

Если перечисленная информация предоставлена, то применяем вероятностные методы расчета надежности.

На практике по разным причинам в результатах обследования и испытания конструкций и зданий в целом эти условия не выполняются. В этом случае предлагается использовать следующие методы, перечисленные ниже

Возможностный подход.

Основой теории возможностей является понятие нечеткой переменной. Как и случайная величина, нечеткая переменная $\tilde{X}$ характеризуется функцией распределения возможностей (ФРВоз) $\pi_X(x)$, которая ограничивает возможные значения $\tilde{X}$. Мерой нечеткой переменной $\tilde{X}$ одновременно служат возможность *R* и необходимость *N* реализации того или иного значения. [3]

Комбинированный подход.

Применяется для математических моделей предельных состояний, которые содержат одновременно случайные величины и нечеткие переменные с

целью расширения области использования формул А.Р. Ржаницына и повышения информативности результатов расчета надежности. [3]

Метод расчета надежности несущих конструкций с использованием распределений, полученных на основе неравенства Чебышева.

Основная идея расчета надежности в этом случае заключается в том, что имея выборочные значения математического ожидания и дисперсии параметров конструкции, на основе неравенства Чебышева можно построить границы для всех возможных распределений вероятностей, согласованных с имеющимися статистическими параметрами. Главной особенностью этого метода является отсутствие ограничений на вид функций распределения вероятностей. Предполагая, что «истинное» распределение вероятностей параметра, определяющего надежность любой конструкции, неизвестно, но находится в некоторых границах, на основе выражений для функции предельного состояния можно определить границы для неизвестной надежности всей конструкции. [3]

Метод расчета надежности несущих конструкций с использованием усеченного интервального распределения вероятностей.

Данный метод применяется при ограниченной статистической информации о параметрах математической модели предельного состояния в виде среднего значения и точных границ изменчивости. [3]

Выводы.

1. Вероятностно-статистические методы для оценки надежности строительных конструкций исторически получили наибольшее применение, но для их использования должна иметься полная статистическая информация о базовых параметрах в математической модели предельного состояния;

2. Теория возможностей применяется тогда, когда вероятностная модель труднореализуемая, а возможностная модель дает удовлетворительные результаты.

3. В ситуациях, когда одни базовые параметры в математической модели предельного состояния по имеющейся статистической информации относятся к нечетким переменным, а другие – к случайным величинам, предлагается использовать комбинированный метод расчета надежности. Благодаря этому удается повысить информативность получаемого результата в расчетах надежности конструкций.

4. Метод расчета надежности несущих конструкций с использованием распределений, полученных на основе неравенства Чебышева применяется при ограниченной информации о параметрах математической модели предельного состояния в виде среднего значения и среднего квадратического отклонения.

5. Методы расчета надежности несущих конструкций на основе усеченного интервального распределения применяются при неполной информации о параметрах модели предельного состояния в виде: среднего значения и точных границ их изменчивости.

6. Выбор метода расчета надежности строительных конструкций зависит от полноты или неполноты статистической информации о параметрах в мат. модели предельного состояния.

1. Уткин, В.С. Неразрушающие методы определения несущей способности строительных конструкций: учеб. пособ. / В.С. Уткин, Л.В. Уткин. – Вологда: ВоГТУ, 1996. – 80 с.

2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 13 с.

3. Уткин, В.С. Сборник задач по расчетам надежности строительных конструкций : учебное пособие / В.С.Уткин, О.В. Ярыгина – Вологда: ВоГУ, 2015. – 83 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.М. Анущенко
Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Нижний Новгород

Использование цифровых фотоаппаратов в сочетании с компьютерными программами редактирования графических изображений в настоящее время может стать весьма перспективным способом для осуществления геодезического контроля планово-высотного положения строительных конструкций на этапах строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Главное преимущество данного способа – отсутствие необходимости в использовании специальных геодезических приборов (нивелиры, теодолиты, тахеометры, лазерные рулетки, деформометры и т.п.) [1].

Контроль планово-высотного положения конструкций включает в себя большой перечень работ: определение положения и размеров сооружения и его элементов; измерение деформаций; определение соответствия технического состояния элементов сооружения эксплуатационным характеристикам и т.д. [3].

В 2016 году на базе кафедры инженерной геодезии ННГАСУ под руководством профессора Шеховцова Г.А. была разработана методика фотографического способа нивелирования конструкций (рис. 1) [2].

С целью определения возможности использования данной методики и проверки её точности проводилось соответствующее моделирование. Суть методики и результаты моделирования описаны в работах [1] и [2].

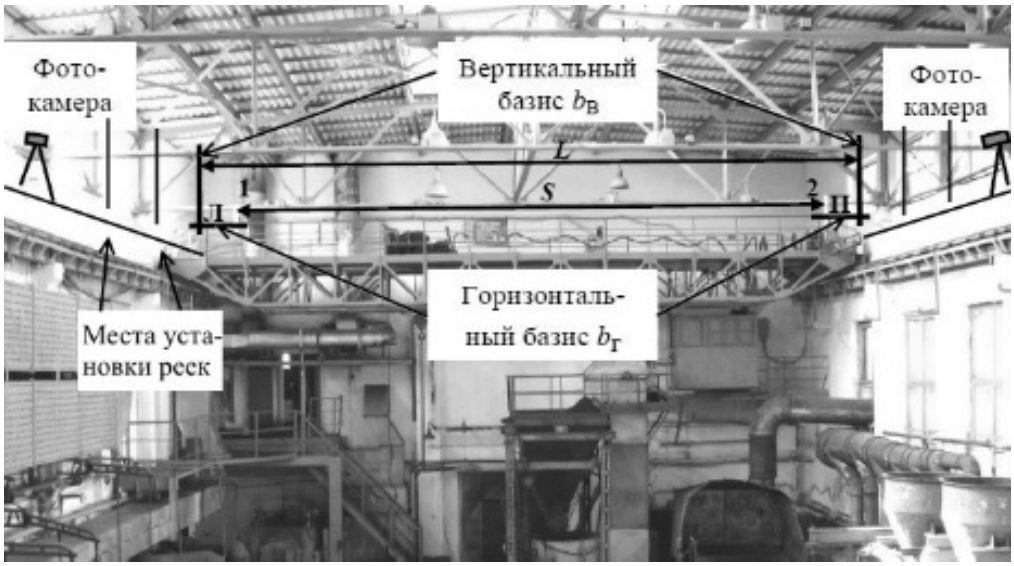


Рис. 1. Схематичное представление методики фотографического нивелирования на примере нивелирования подкрановых рельсов мостового крана

В продолжении начатой работы была поставлена цель разработать и проверить методику определения высоты строительных конструкций, используя фотографический метод.

В основу разрабатываемой методики был положен способ передачи отметки по вертикали с использованием нивелира, рулетки и рейки (рис. 2) [3].

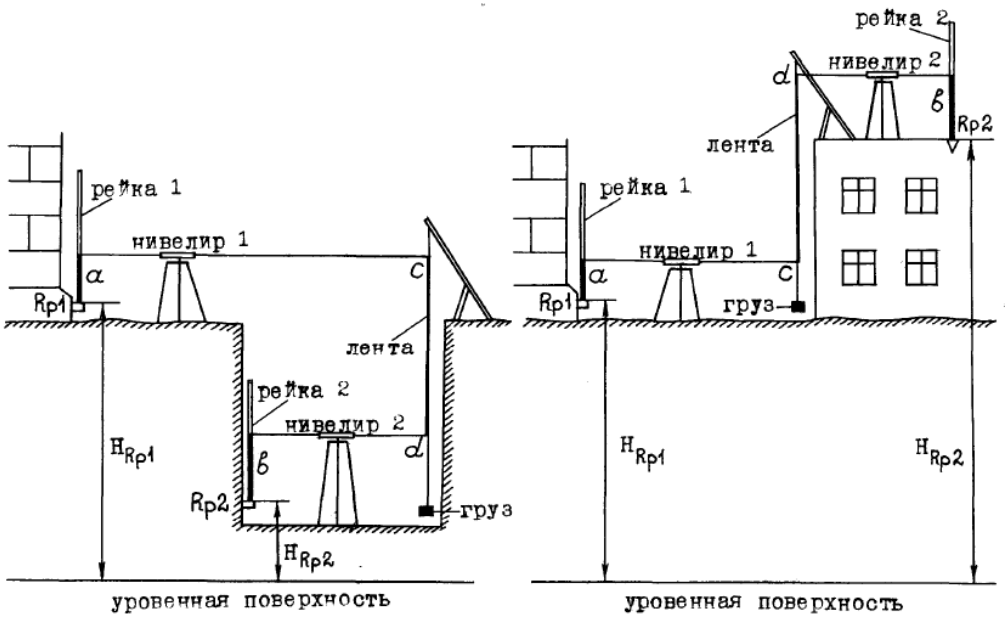


Рис. 2. Схема передачи отметки по вертикали с использование нивелира, рейки, рулетки

Для проверки гипотезы о возможности применения схемы выполнения способа передачи отметки по вертикали при фотографическом определении

высоты конструкций производилось измерение высоты этажа здания, т.е. расстояния от уровня пола нижележащего этажа до уровня пола вышележащего этажа (рис. 3).

Описание методики моделирования.

Фотоаппарат устанавливается на реперной точке вышележащего этажа (n+1), определяется высота инструмента (H_1), т.е. расстояние от точки стояния до центра объектива, - базис. Горизонтировать прибор не требуется

На консольной опоре, неподвижно закрепленной и установленной на (n+1) этаже выше уровня высоты инструмента, осуществляется подвешивание измерительной ленты или рулетки с пригрузом.

Расстояние между точкой стояния фотоаппарата и подвешенной рулеткой разделяется пополам на два отрезка длиной X (целесообразно принять X в промежутке 5-10 метров, когда одновременно обеспечиваются высокая точность измерений и удобство проводимых операций).

Рейка устанавливается в точке на расстоянии X от точки стояния фотоаппарата, производится фотографирование. Полученный снимок обрабатывается на персональном компьютере в программе Paint.NET.

На снимке отмечается уровень базиса (H_1), от которого измеряется в пксл величина Δ_1 - расстояние до отсчета, через который проходит визирная ось фотоаппарата R_1 (т.е. центр снимка). Затем полученное число пксл переводится в мм (в соответствии с данными о масштабировании снимков). Более подробно данные операции описаны в [1] и [2]. Данное значение Δ может быть зафиксировано путем использования функции «Сетка» цифрового фотоаппарата во время съемки, тогда обработка фотографий не потребуется.

Далее производится фотографирование подвешенной рулетки. Определяется отсчет, через который проходит визирная ось фотоаппарата O_1.

Из подобия треугольников, которые образуют горизонтальная и наклонная визирные оси, а также рулетка и рейка, разница отсчета по рулетке и отсчета на уровне горизонтальной визирной оси равна $2\Delta_1$.

Полученные данные позволяют определить отметку уровня пола $УП_{(n+1)}$ (уровень пола по рулетке), как разность значений O_1, $2\Delta_1$, H_1.

Все выше описанные операции выполняются на уровне n-го этажа, в результате чего определяется отметка уровня пола $УП_{(n)}$ (учитываются значения O_2, $2\Delta_2$, H_2.)

Разность отсчетов $УП_{(n+1)}$ и $УП_{(n)}$ дает значение высоты этажа $H_{этажа}$.

Разработанная методика была смоделирована в реальных условиях (производилось 4 независимых измерения), результаты моделирования показали сходимость получаемых значений с значениями, полученными геодезическими методами (таблица).

Таблица

Результаты моделирования фотографического способа определения высоты этажа

	I	II	III	IY
Фотографический способ, м	2,835	2,805	2,810	2,824
Проверка геодезическими приборами, м	2,823	2,798	2,804	2,815

В ходе работы был выявлен фактор, ограничивающий применение методики, – величина уклона поверхности пола должна стремиться к нулю, чего при реальном строительстве достичь достаточно сложно. Поиск решения данной проблемы позволил предложить 2 варианта усовершенствования методики:

1) При установке фотоаппарата производить его горизонтирование посредством использования простейших строительных уровней (горизонтируется площадка штатива, проверка осуществляется установкой уровня в 2 взаимно перпендикулярных направлениях). При этом необходимость использования рейки между точкой стояния фотоаппарата и рулеткой исчезает, т.к. можно фиксировать значение отсчетов непосредственно по рулетке. Однако это лишает фотографический способ одного из его достоинств – отсутствие необходимости в горизонтировании фотоаппарата при проведении измерений.

2) Перед определением высоты строительных конструкций производить нивелирование участка, на котором будет устанавливаться фотоаппарат и рейка, чтобы определить значение превышения между точками установки, которое потом учитывается в формулах, приведенных выше. Нивелирование производится по методике, описанной в [1] и [2]. Данное усовершенствование не требует дополнительного использования строительных уровней и прочих средств, но существенно увеличивает число операций, которые необходимо произвести.

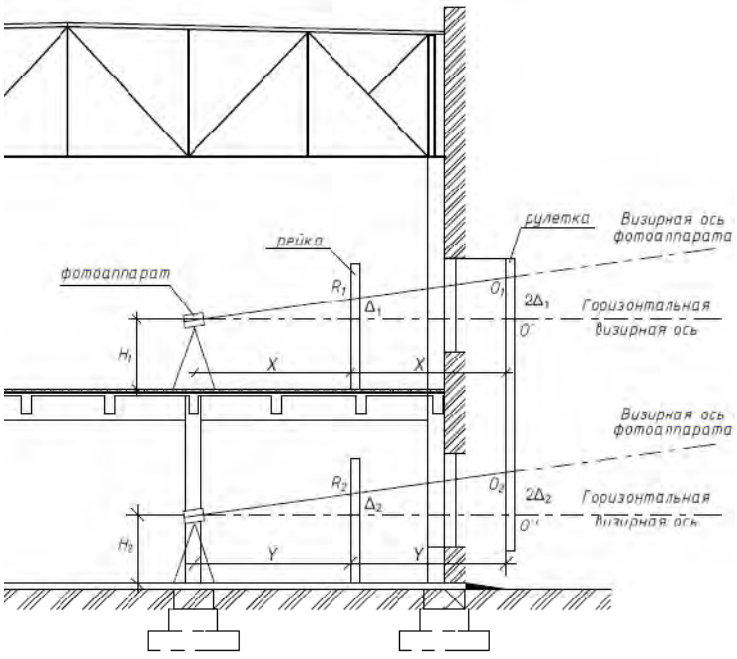


Рис. 3. Схема к определению высоты строительных конструкций фотографическим способом

В заключение следует отметить, что фотографический способ является весьма простым, доступным и информативным. Высокая сходимость его результатов с результатами точных геодезических исследований подтверждает необходимость продолжения его дальнейшего развития и нахождения способов решения проблем ограниченности применения.

1. Анущенко, А.М. Результаты моделирования фотографического способа геодезического контроля планово-высотного положения путей мостового крана [текст] / А.М. Анущенко, С.А. Терешанцев, Е.Д. Ярошук // Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки. Науки о земле. Экология / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2016. – С. 173-182.

2. Шеховцов, Г.А. О фотографическом способе нивелирования строительных конструкций [текст] / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, О.В. Раскаткина, А.М. Анущенко // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2016. – №3 – С. 24-32.

3. Шеховцов, Г.А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова – Нижний Новгород, 2014. – 255 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ С ТРЕЩИНОЙ ПО ДЕМПСТЕРУ-ШЕФЕРУ

К.А. Карпушова
Научный руководитель ***В.С. Уткин,*** *д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Федеральный закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», вступивший в силу с 1 июля 2010 г. устанавливает минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям по механической безопасности. Буквально прописано следующее: «строительные конструкции должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникло угрозы причинения вреда жизни и здоровью людей в результате разрушения отдельных несущих строительных конструкций или их частей…». Также согласно этому закону, безопасность зданий и сооружений должна быть обоснована расчетами.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Надежность является одной из мер безопасности зданий и сооружений.

Существующими нормативными документами: СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции», ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения», ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» и т.д. не регламентируется несущая способность и надежность железобетонных балок по критерию длины трещины в растянутой зоне бетона балки. Однако с развитием сравнительно новой науки – «механики разрушения» [1-3] такая постановка вопроса является важным условием для контроля уровня безопасности эксплуатации железобетонной балки с трещиной [1-7]. Примеры таких балок приведены на рисунке 1.

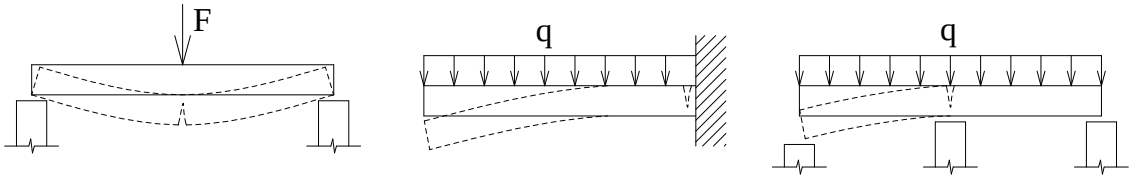


Рис. 1. Примеры балок с раскрытием одиночной трещины

В настоящее время методы безопасности на основе линейной и нелинейной механики разрушения развиваются и начинают внедряться в практику расчетов железобетонных конструкций.

Рассмотрим проблему оценки безопасности железобетонной балки по критерию длины трещины.

В [8] был рассмотрен метод расчета надежности железобетонной балки с трещиной в растянутой зоне бетона балки по критерию длины трещины возможностным методом по модели вида:

$$\tilde{l}_{crc} \le l_{кр} \qquad (1)$$

Данный способ имеет ряд недостатков. В их числе использование функций распределения возможностей вида $\pi_X(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-a_x}{b_x}\right)^2\right]$ и других видов без математического обоснования в отличие от вероятностно-статистических методов. В силу ограниченности объема статистической информации в возможностных методах нет критериев для обоснования, а в качестве функций распределения возможностей используются треугольные, трапецеидальные и другие виды функций. Вторым недостатком возможностного метода при любых видах функций распределения возможностей является волевое (субъективное) назначение уровня среза (уровня риска) α. Рассмотренный метод расчета надежности несущего элемента удобен при сравнении вариантов несущих элементов по критерию надежности, при выборе вариантов методов усиления, ремонта и т.д. В связи с этим предлагается для оценки надежности железобетонной балки при наличии нормальной трещины в растянутой зоне бетона использовать метод расчета на основе теории случайных множеств (метод Демпстера-Шефера) [9, 10]. Покажем методику его исполь-

зования для критерия (1). В этом методе случайная величина, представляемая некоторым интервалом (подмножеством) *A* значений из Ω (универсального множества), характеризуется по [9,10] функцией доверия *bel(A)* и функций правдоподобия *pl(A)* события $A \le P_0(\Omega)$, где Ω - универсальное множество, например, множество измерений длины трещины, $P_0(\Omega)$- множество всех подмножеств Ω.

Рассмотрим применение данного метода на примере. Имеются исходные данные, полученные независимыми экспертами в виде множества интервалов результатов измерений длины трещины [7,00;7,13]; [7,02;7,15]; [7,01;7,14]; [7,00;7,15]; [7,03;7,13] см. Изобразим эти интервалы на оси X на рисунке 2 в виде дуг I, II, II, IV и V.

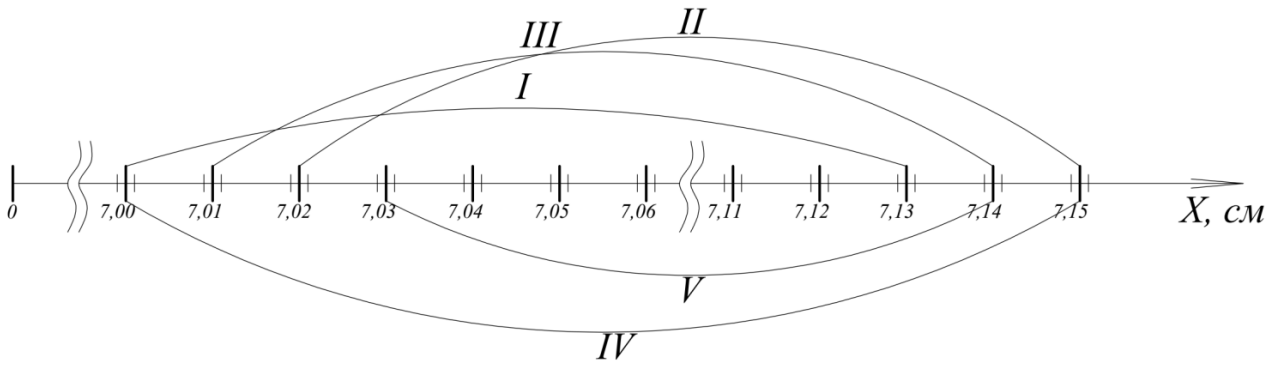


Рис. 2. Результаты независимых измерений длины трещины

По этим измерениям (рис. 2) построим график *bel(X)* и *pl(X)*, представленный на рисунке 3. Значения *bel(X)* на границе интервалов равно числу интервалов по рисунку 2 чуть левее границы отдельного интервала, деленному на полное число интервалов. По рисунку 2 имеем *bel([0;7,00])=0, bel([0;7,01])=0, bel([0;7,02])=0, bel([0;7,03])=0, bel([0;7,04])=0 … bel([0;7,13])=1/5, bel([0;7,14])=3/5, bel([0;7,15])=1.* Значения *pl(X)* на границе интервалов равно числу интервалов по рисунку 2 чуть правее границы отдельного интервала, деленному на полное число интервалов. По рисунку 2 имеем *pl([0;7,00])=2/5, pl([0;7,01])=3/5, pl([0;7,02])=4/5, pl([0;7,03])=1… pl([0;7,15])=1* Найдем нижнее и верхнее значения вероятностей $\underline{P}$ и $\overline{P}$ события $\tilde{l}_{crc} \le l_{кр}$ при $l_{кр}$*=7,02* см. Из рисунке 3 видно, что $\underline{P} = bel(7,02) = 4/5$ и $\overline{P} = pl(7,02) = 1$. Надежность железобетонной балки по критерию длины трещины характеризуется интервалом [4/5;1]. Истинное значение надежности находится внутри интервала.

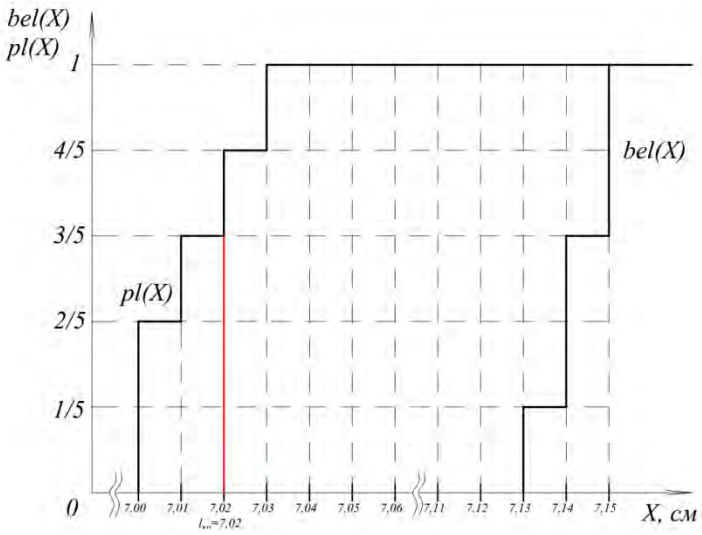


Рис. 3. График функции доверия bel(X) и функции правдоподобия pl(X)

Рассмотренный метод расчета надежности менее информативный, но он не содержит каких-либо предположений и субъективных (волевых) решений. Недостатком его является то, что на участке от нуля до первого (наименьшего значения, в нашем примере до 7,00 см) *bel* и *pl* равно нулю. Этого не может быть. Малое значение вероятности, но обязательно должно быть.

Выводы:

1. Предложено использовать теорию свидетельств Демпстера-Шефера для расчета надежности железобетонной балки с трещиной в растянутой зоне бетона по критерию длины трещины.

2. На примере рассмотрен алгоритм расчета надежности железобетонной балки с трещиной по исходным интервалам измерений длины трещины независимыми экспертами.

3. Предложенная методика расчета надежности железобетонной балки с трещиной может быть использована для других критериев работоспособности железобетонной балки при интервальной исходной информации о контролируемых параметрах.

1. Пирадов К.А. Теоретические и экспериментальные основы механики разрушения бетона и железобетона / Изд-во «Энергия», 1998. – 355 с.

2. Пирадов К.А., Савицкий Н.В. Механика разрушения и теория железобетона // Бетон и железобетон. 2014. – №2. – С. 23-25.

3. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей / Учеб. пособие для строит. вузов. М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.

4. Уткин В.С., Карпушова К.А. Расчет надежности железобетонной балки по критерию прочности рабочей арматуры при образовании нормальной трещины в растянутой зоне бетона // Экология и строительство, 2016. – №2. – С. 4-8.

5. Уткин В.С., Карпушова К.А. Расчет надежности железобетонных балок по критерию прочности бетона в сечении с нормальной трещиной // Экология и строительство, 2016. – №4. С. 4-8.

6. Уткин В.С., Карпушова К.А. Расчет надежности несущих железобетонных элементов по критерию прочности рабочей арматуры в сечении с нормальной трещиной // Строительная механика и расчет сооружений, 2017. – №2 (271). – С. 28-29.

7. Уткин В.С., Карпушова К.А. Расчет надежности железобетонной балки с нормальной трещиной по прогибу на стадии эксплуатации // Экология и строительство, 2017. – №1. – С. 4-9.

8. Уткин В.С., Карпушова К.А. Расчет надежности железобетонной балки с нормальной трещиной в растянутой зоне бетона по критерию ее длины // Строительство: наука и образование. 2017. Т. 7. Вып. 2 (23). Ст. 2. Режим доступа: http://nsojournal.ru.

9. Dempster A.P. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping // Annals of Mathematical Statistics, 1967. Vol. 38, p. 325-339.

10. Shafer G.A. Mathematical Theory of Evidence / Princeton University Press, 1976. – 279 p.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ЩЕЛЕВЫХ ФУНДАМЕНТОВ

И.А. Корепина

Научный руководитель ***В.С. Уткин,*** *д-р техн. наук, профессор*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Щелевые фундаменты в последнее время находят широкое применение в строительстве.

Щелевым называют монолитный бетонный или железобетонный фундамент прямоугольного сечения, особенностью которого является укладка бетона непосредственно в выкопанную в грунте траншею. Глубина заложения щелевых фундаментов колеблется в большом интервале и зависит от множества факторов: вида и значения эксплуатационной нагрузки, глубины промерзания грунта, наличия грунтовых вод, вида и назначения здания, его этажности и т.д.

Щелевые фундаменты в определенных геологических условиях оснований имеют существенные экономические преимущества по сравнению, например, с ленточными фундаментами [1-3]. Благодаря этому щелевые фундаменты приобретают признание и практическое применение в мало- и многоэтажном домостроении, а также в качестве фундаментов для различных сооружений.

На рис. 1 представлены примеры конструкций этого типа фундаментов.

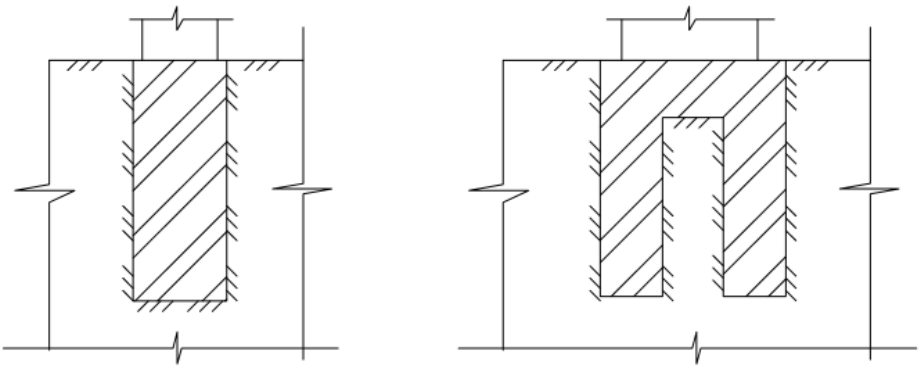


Рис. 1. Схемы одно- и двухщелевых фундаментов

Расчет несущей способности щелевых фундаментов проводится по существующим нормам [4] на прочность материала фундамента и на несущую способность грунта основания. Методы расчетов таких фундаментов во многом заимствованы из работы и расчетов висячих свай в основаниях фундаментов [5]. Работа щелевого фундамента по прочности материала ничем не отличается от расчетов фундаментов других типов [6-7], поэтому в дальнейшем в статье не рассматривается.

Расчет щелевого фундамента по несущей способности грунта производится по значениям напряжений под подошвой фундамента и силами трения-сцепления по боковой поверхности стен фундамента. Расчетная схема щелевого фундамента в грунте основания представлена на рис. 2.

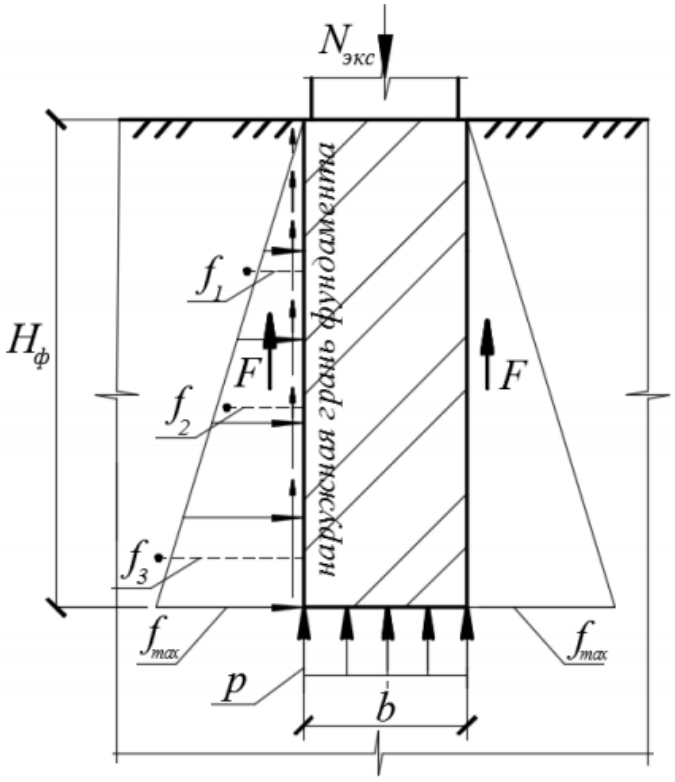


Рис. 2. Расчетная схема однощелевого фундамента

Рассмотрим расчет однощелевого фундамента по критерию несущей способности грунта основания, предусмотренный рекомендациями [4]. Расчет фундамента (для участка длиной 1м) осуществляется по условию:

$$N_{экп} \le N_A + 2 \cdot F, \quad (1)$$

где: $N_{экп}$- расчетная нагрузка, передаваемая на щелевой фундамент и определяемая при проектировании);

N_A- сила предельного сопротивления грунта основания под подошвой фундамента длиной$l = 1м$и площадью$A = l \cdot b$, b- ширина фундамента;

F- суммарная сила трения-сцепления на одной боковой поверхности щелевого фундамента (см. рис.2).

По СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» для фундамента с плоской подошвой и для однородного грунта до глубины не менее ширины фундамента N_A определяется по формуле:

$$N_A = b \cdot l \cdot (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b \cdot \gamma_1 + N_c \cdot \xi_c \cdot c_1), \quad (2)$$

где значения параметров можно найти в СП 22.13330.2011 (в дальнейшем в статье они использоваться не будут).

Расчетная математическая модель предельного состояния фундамента по несущей способности грунта основания имеет вид:

$$N_{экс} \le b \cdot (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b \cdot \gamma_1 + N_c \cdot \xi_c \cdot c_1) + 2F, \quad (3)$$

где F- суммарная сила трения-сцепления на одной боковой поверхности одностенчатого щелевого фундамента, представленного на рис.2.С ростом глубины значение сопротивления грунта по боковой поверхности возрастает. Так при показателе текучести 0,1 и при глубине h=1м, f_i=40кПа, а при h=3м, f_i=62кПа, т.е. видим существенное увеличение, что связно с ростом бокового давления грунта основания на боковую поверхность фундамента. Щелевые фундаменты стали применяться до глубины 20 м и даже 40м [8]. Можно представить какие силы трения-сцепления развиваются на этой глубине, и в то же время вызывает сомнение, что силы трения будут возникать на любой по значению глубине на поверхности фундамента. Анализ работы висячих свай в подобных условиях можно найти в работах [9-10].

В определении сил трения-сцепления исходим из коэффициента трения между грунтом и поверхностью фундамента, определяемого опытным путем [11], т.е. при смещении (движении) фундамента относительно грунта. Однако смещений фундамента в грунте на стадии эксплуатации допустить нельзя, следовательно, силы трения-сцепления на поверхности фундамента, находящегося в покое, определить невозможно.

Дело в том, что силы трения возникают в фундаменте не вследствие его движения, а в результате деформаций материала фундамента (микроперемещений поверхностных слоев фундамента относительно грунта). Чем больше деформации материала фундамента при одном и том же нормальном давлении грунта на поверхность фундамента, тем больше будут силы трения-сцепления.

Формул для их определения не существует, однако выявить существование деформаций и их значение в фундаменте на стадии эксплуатации здания или сооружения возможно, например, методом близким к описанному в патенте на изобретение [12]. Сущность этого метода заключается в следующем: на поверхности фундамента в шурфе подготавливается поверхность бетона для наклеивания рабочего и компенсационного тензорезисторов с базой 50мм и измерения омического сопротивления рабочего тензорезистора R_0. Затем выше и ниже каждого тензорезистора в фундаменте высверливают отверстия диаметром равным 2-3 ширины тензорезистора и на глубину 5 см, и вновь измеряется сопротивление R_t.Относительную деформацию фундамента ε определяют по формуле:

$$\varepsilon = \frac{|R_t - R_0|}{\mu \cdot R_0}, \qquad (4)$$

где μ - коэффициент тензочувствительности тензорезисторов.

На поверхности фундамента по его высоте наклеивается несколько тензорезисторов и по результатам измерений ε_i в отдельных точках фундамента строят кривую $\varepsilon(x)$по высоте фундамента в нижней ее половине, т.к. на уровне поверхности грунта его боковое давление на фундамент равно нулю, $q=0$и сила трения-сцепления $f_0 = 0$. В нижней половине фундамента могут иметь место два варианта, представленных на рис. 3.

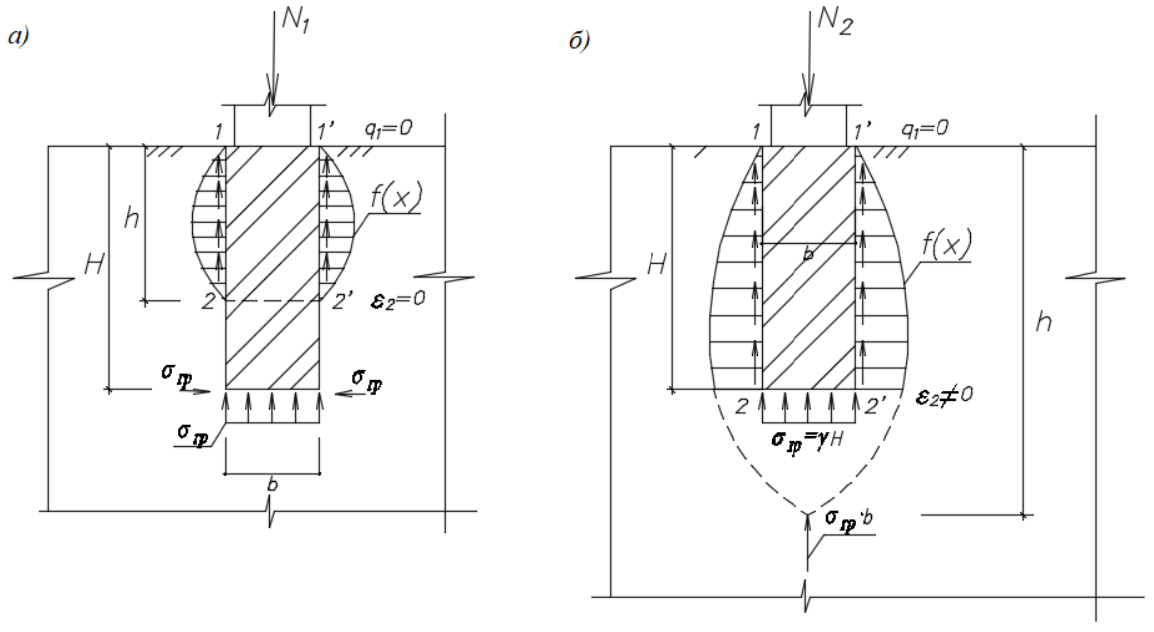


Рис. 3. Работа фундамента в грунте: а-глубина заложения фундамента H ниже его рабочей части h, б- глубина заложения фундамента меньше условного значения h, τ-сила трения сцепления

В варианте работы фундамента по рис.3а нижняя часть фундамента не работает, давление на подошву фундамента отсутствует (отрицательными си-

лами трения в нижней части фундамента пренебрегаем в силу их малости). Такое решение с размерами фундамента экономически неэффективно. В варианте работы фундамента по рис.3б на подошву фундамента передается давление грунта, равное $\sigma_{гр} \cdot b \cdot l$, которое не должно быть больше значения $R_{гр} \cdot b \cdot l$, где $R_{гр}$ - расчетное сопротивление грунта.

Используем результаты анализа работы висячих свай в анализе работы щелевых фундаментов. Так в варианте работы фундамента на рис.3б на длине 1 м должно выполняться условие:

$$\tilde{N}_2 \le \tilde{\sigma}_{гр} \cdot A + \int_0^H f(x) \cdot 1 dx \,, \qquad (5)$$

при этом обязательно соблюдение условия $\sigma_{гр} \le R_{гр}$.

Экономически оптимальная работа фундамента будет при условии:

$$N_2 \le R_{гр} \cdot A + \int_0^H f(x) dx, \qquad (6)$$

где $f(x)$ - некоторая функция от функций $\varepsilon(x)$ и $q(x)$.

С учетом влияния на значение f неизвестных детерминированных факторов учитываемых коэффициентом φ примем $f(x) = \varphi \cdot \varepsilon(x) \cdot q(x)$. По значениям $\varepsilon_i(x)$ и $q_i(x)$ в точках i по высоте фундамента с аргументами x_i можно подобрать функции $\varepsilon(x)$ и $q(x)$. По [13] можно принять $q(x) = \gamma \cdot x$. В месте пересечения фундамента с поверхностью грунта имеем $x=0$ и $q=0$, следовательно $f = 0$. Функцию $\varepsilon(x)$ можно подобрать по результатам измерений деформации ε_i методами математической статистики [14]. Например, по методу наименьших квадратов при расчетном значении нагрузки N для определения коэффициента φ необходимо провести эксперимент над образцом фундамента по схеме рис.3а с известным значением N и h при известных функциях $q(x) = \gamma \cdot x$ и $\varepsilon(x)$.

При работе фундамента по схеме рис.3,а из уравнения (5) при $\sigma_{гр} = 0$ имеем $N = \int_0^h \varphi \cdot \gamma \cdot x \cdot \varepsilon(x) dx$. Отсюда $\varphi = N \Big/ \int_0^h \gamma \cdot x \cdot \varepsilon(x) dx$.

Расчетная формула для фундамента на схеме рис.3,б примет вид:

$$N_2 = \sigma_{гр} \cdot A + \int_0^H \varphi \cdot \gamma \cdot x \cdot \varepsilon(x) dx \qquad (7)$$

Из (7) имеем условие предельного состояния фундамента на стадии эксплуатации по несущей способности грунта основания:

$$\sigma_{гр} = \frac{N_2 - \int_0^H \varphi \cdot \gamma \cdot x \cdot \varepsilon(x) dx}{A} \le R_{гр} \qquad (8)$$

При невыполнении условия (8) фундамент необходимо усиливать или уменьшать на него нагрузку.

На стадии проектирования предварительно производят испытания образца фундамента длиной 1м по схеме рис.3,б с постепенным возрастанием нагрузки и проверкой условия (8) при расчетном значении нагрузки N_2.

Выводы:

1. Предложен новый более достоверный подход к работе щелевых фундаментов в грунте основания в нагруженном состоянии в отличие от существующего по нормам подходасопределением силы трения-сцепления при «срыве» (движении) образцов материала фундамента;

2. Рассмотрены 2 варианта работы фундамента в грунте основания в зависимости от глубины его заложения и значения сжимающей фундамент нагрузки, адекватно отражающих расчетные схемы фундаментов и их работу;

3. Разработан метод расчета щелевых фундаментов по критерию несущей способности грунта основания, который приводит к повышению надежности (безопасности эксплуатации) фундаментов и всей надфундаментной конструкции в силу его адекватности.

1. Павлов В.В., Аверьянова Л.А., Алексеев Б.Г. Щелевые фундаменты зданий. Стройиздат, Красноярский отдел, 1992. – 141 с.

2. Иванов А.А. Оценка несущей способности оснований щелевых фундаментов на основе анализа напряженного состояния грунтового массива и экспериментальных данных: автореф. дис. к.т.н. Волгоград, 2013. – 28 с.

3. Sorochan E.A., Shishkin V.Y., Kovalev V.A. Use of shallow slotted foundations // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2011. Vol. 48. Pp. 1.

4. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Введ.2014-01-01. – М.: Нац. стандарты, 2011. – IV, 59 с.

5.Уткин В.С. Расчет винтовых висячих свай по несущей способности грунта основания фундамента // Гидротехника, 2017. – №3. – С. 90-94.

6. Уткин, В.С., Борисова О.Л. Расчет надежности ленточного фундамента под продольной стеной здания на стадии эксплуатации // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. №5. С. 50-58.

7. Уткин В.С. Расчет надежности оснований и фундаментов при различной информации. LAG LAMDERT AcademicPublishing. Германия, 2014. – 100 с.

8. Проект компании «Гидроспецпроект» для здания циркуляционной насосной станции Минской ТЭЦ-5,1991 год.

9. Уткин В.С. Расчет несущей способности буронабивных висячих свай и подбор длины сваи по коэффициенту запаса// Транспортные сооружения. Интернет-журнал, 2017. – Т.4. – №2. – С.1-7.

10. Метелюк Н.С., Шишко Г.Ф., Соловьева А.Б., Грузинцев В.В. Сваи и свайные фундаменты: справочное пособие. Киев: «Будивельник», 1977. – 256 с.

11. Устройство для определения суммарной силы трения и сцепления по боковой поверхности подземной части монолитного фундамента: пат. 126332, Рос. Федерация: МПК E 02, D 1/00 Богомолов А. Н., Богомолова О. А., Иванов А.А.; заявитель и патентообладатель «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»; опубл. 27.03.2013.

12. Способ измерения и мониторинга давления на бетонные и кирпичные несущие стены и фундаменты зданий и сооружений на заданном уровне на стадии их эксплуатации: пат. 2582495 Рос. Федерация: МПК CO1L1/18, CO1N3/08 Уткин В.С., Тропина Д.А., Горева Н.В.; заявитель и патентообладатель «Вологодский государственный университет»; опубл. 27.04.2016.

13. Цытович Н.А. Механика грунтов. Москва: Высшая школа, 1983. – 282 с.

14. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. Пер. с англ. Изд. «Мир», М.: 1980. – 610 с.

НОВЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ТЕХНОЛОГИИ ВИСЯЧИХ СВАЙ

Е.В. Соболева
Научный руководитель ***В.С. Уткин,*** *д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Закон РФ №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», принятый в декабре 2009 года, устанавливает требования механической безопасности строительных конструкций и оснований зданий и сооружений, с целью обеспечения их безопасной эксплуатации. Надежность любого здания или сооружения в первую очередь зависит от безопасной работы оснований и фундаментов, которые требуют постоянного мониторинга, дальнейших исследований, совершенствований расчетов, новых конструктивных решений и разработки технологий устройства фундаментов.

Расчет сваи по прочности материала проводится в соответствии с ГОСТ 27751-2014 по формуле $N < F_d$, где N – расчетное значение нагрузки на сваю; F_d - несущая способность сваи по прочности материала. В соответствии с СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» (в дальнейшем СП), исходя из прочности бетона и арматуры, значение F_d сваи при центральном сжатии определяют по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{c,b} R_b A_b + \gamma_{c,s} R_s A_s), \quad (1)$$

где значения параметров можно найти в СП. Отметим, что по гипотезе плоских сечений деформации бетона ε_b и стальной арматуры ε_s в свае одинаковы, то есть $\varepsilon_b = \varepsilon_s$, поэтому в формуле (1) расчетные сопротивления в бетоне и в арматуре сваи не достигаются одновременно.

Несущая способность висячих свай по грунту определяется прежде всего значением сил трения - сцепления на боковой поверхности сваи, которые зависят от нормального давления q на сваю и вида грунта и определяются по СП при «срыве», т.е. движении сваи. Поэтому значение силы F_d, не может быть предельным в расчетах. Свая в основании не должна находиться в движении, фундамент и здание должны быть неподвижными, поэтому требуется поиск иных критериев для расчета висячих свай по несущей способности грунта основания, что и будет рассмотрено ниже.

Исходя из приведенного, несущую способность сваи по прочности ее материала следует определять по формуле:

$$F_d = \gamma_c \varepsilon_{s,np} (\gamma_b E_b A_b + \gamma_s E_s A_s), \quad (2)$$

при продолжительном действии нагрузки на сваю и при условии $\varepsilon_{s,пр} < \varepsilon_{b,пр}$. Условие предельного состояния сваи по прочности материала сваи приобретает вид:

$$N \le F_d = \gamma_c \varepsilon_{s,np} (\gamma_b E_b A_b + \gamma_s E_s A_s). \quad (3)$$

Предлагается рассмотреть новое представление о работе висячей сваи в грунте, в отличии от существующего. В [1-3] возникновение сил трения-сцепления на поверхности сваи в состоянии покоя объясняется микроперемещениями поверхностных слоев сваи вследствие деформаций материала сваи. По мере передачи нагрузки на грунт основания по боковой поверхности сваи и уменьшения силы сжатия сваи к нижней ее части, деформации ε материала сваи убывают, и на некоторой глубине, равной h, становятся равными нулю. Ниже этой глубины материал сваи не воспринимает нагрузку, как показано на рис. 1. По условию работы сваи ниже уровня h должна заканчиваться ее длина H. Также рассматривается вариант работы сваи в котором длина сваи H меньше условного значения h, и в котором возникает реакция на конце сваи от грунта основания, как показано на рис. 2. Этот вариант работы сваи более эффективный и экономичный. Влиянием отрицательных сил трения в обоих случаях пренебрегаем в силу их малости. Определение значения рабочей длины сваи h по рис.1 осуществляется при испытаниях пробных свай, по методике, описанной в работе [3] и частично приведенной в конце данной статьи.

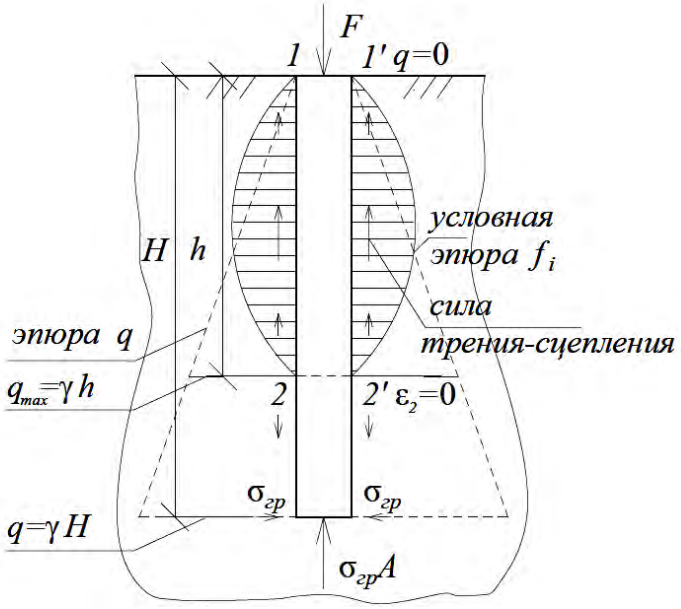


Рис. 1. Расчетная схема работы висячей буронабивной сваи в грунте основания с моделью эпюры сил трения-сцепления f и боковым давлением грунта q

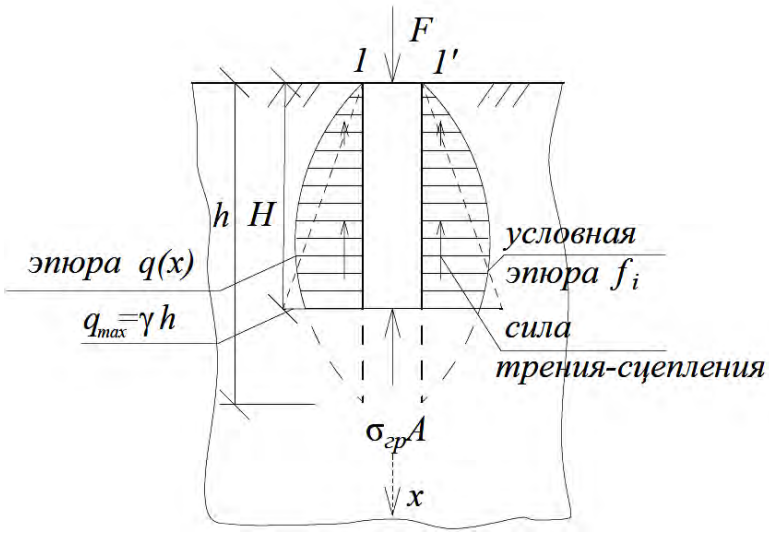


Рис. 2. Расчетная схема работы висячей буронабивной сваи в грунте основания при H < h, h - условная рабочая длина сваи

При длине сваи H меньше ее рабочей длины h нагрузка F будет восприниматься силами трения - сцепления и реакцией, возникающей на конце сваи от грунта основания, т.е. $F = u\int_0^H f(x)dx + \sigma_{гр}A$, где u - периметр и A - площадь поперечного сечения сваи, $f(x) = \varphi\varepsilon(x)q(x)$, $q(x) = \gamma x$, $\varepsilon(x) -$ функция, определяемая по результатам испытаний (при $x = 0$ имеем $\varepsilon_{b,max}$; при $x = h$ имеем $\varepsilon = 0$), $\varphi -$ безразмерный коэффициент, который находят при значении x с известными (измеренными) значениями $\varepsilon(x)$ и $q(x)$. Граничные условия: при $x = 0$, $f(x) = 0$; при $x = h$, $f(x) = 0$. Для обеспечения несущей способности сваи по прочности грунта основания, при расчетной схеме рис. 2,

должно выполняться условие $\sigma_{гр} \cdot A \leq R \cdot A$, откуда необходима выполнение условия $\sigma_{гр} \leq R$, где R – расчетное сопротивление грунта основания.

Предлагается вариант технологии изготовления пробной железобетонной буронабивной висячей сваи с измерением деформаций материала сваи.

Для измерения деформаций бетона сваи предлагается изготавливать из того же бетона образцы в форме кубика размером 6х6х6 см^3 со штырем длинной 10-15 см и диаметром 6-8 мм в его нижней грани для фиксации положения образца в укладываемом бетоне сваи.

Укладку бетона в скважину осуществляют по известной технологии для буронабивных свай. Для измерения деформаций, на образцы вдоль и поперек скважины приклеивают рабочие и компенсационные тензорезисторы, с подсоединенными проводами для измерения омического сопротивления тензорезисторов. Образцы укладывают через (0,5 - 1) м, по мере заполнения скважины бетоном. После набора бетоном сваи проектной прочности, до приложения на сваю нагрузки, замеряют сопротивление всех установленных рабочих тензорезисторов $R_{0,i}$. Затем сваю нагружают расчетной нагрузкой и вновь замеряют сопротивления тензорезисторов $R_{t,i}$. По формуле $\varepsilon_i = \frac{|R_{0,i} - R_{t,i}|}{R_{0,i} \cdot \mu}$ определяют деформации бетона сваи на ее длине не менее чем в трех сечениях сваи и не менее трех раз в каждом сечении. По средним значениям деформаций $\bar{\varepsilon}_i$ строят кривую вдоль сваи. В точке ее пересечения с осью сваи устанавливают место с $\varepsilon = 0$, ниже которого свая не работает на нагрузку F. На рис.3 представлена новая условная схема распределения нагрузки F по длине сваи, воспринимаемая бетоном и арматурой сваи при $\varepsilon_{s,пр} < \varepsilon_{b,пр}$.

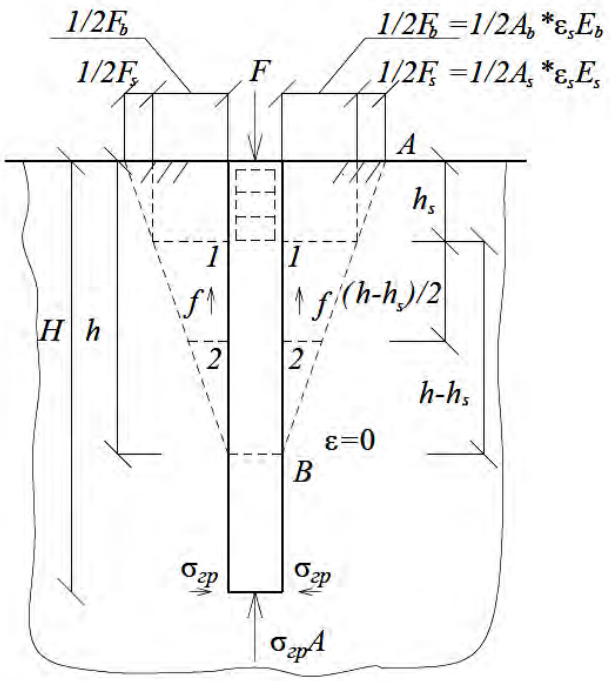


Рис. 3. Распределение нагрузки F на материалы сваи и грунт основания фундамента

Распределение нагрузки по длине сваи условно изображено по прямой *A-B* в запас надежности, т.к. фактическая нагрузка на боковую поверхность распределена по вогнутой кривой в сторону сваи. В верхней части сваи нагрузка *F* воспринимается бетоном и арматурой. Ниже сечения 1-1 достаточно для этого только прочности бетона, а ниже сечения 2-2 можно использовать бетон меньшего класса прочности. Такое устройство сваи приведет к снижению стоимости свайного основания. Более эффективный вариант устройства сваи по схеме рис.2 и ее расчет требуют дальнейших исследований.

Выводы:

1. Предложено новое представление о работе буронабивной железобетонной висячей сваи в грунте основания фундамента.

2. Метод расчета буронабивных свай оснований фундаментов по несущей способности грунта основания соответствует действительной работе сваи в грунте и позволит в некоторых случаях уменьшить стоимость свай и производство свайных работ.

3. Результаты испытаний пробных железобетонных буронабивных свай по предлагаемому методу позволят определить оптимальное конструктивное решение свайного основания и снизить его стоимость.

1. Уткин В.С. Работа висячих свай в грунте основания фундамента и определения длины сваи // Строительная механика и расчет сооружений, 2017. – №4. – С. 23-26.

2. Уткин В.С. Работа и расчет висячих буроинъекционных свай в грунте основания и оптимизация устройства уширения// Строительная механика и расчет сооружений, 2017. – №5. – С. 63-66.

3. Уткин В.С. Расчет несущей способности буронабивных висячих свай и подбор длины сваи по коэффициенту запаса. Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2017. – Т.4. – № 2. С. 1-7.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БАЛКИ ПЕРЕКРЫТИЯ (ПРОИЗВОДСТВО АО «СКДМ»)

А.А. Соловьева
АО «СКДМ»
г. Вологда

В 2010 г. вступил в силу Закон РФ №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Требованиями законами предусмотрено обеспечение механической безопасности несущих элементов зданий и сооружений, мерой которой может выступать надежность в виде вероятности безотказной работы. Согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 27751-2014, вступившему в силу с 1 июня 2015 г., надежность – это способность не-

сущего элемента конструкции выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

Вологодская компания АО «СКДМ», основанная в 1947 году, занимается проектированием и строительством мобильных зданий контейнерного типа и является крупнейшим в России предприятием по производству блок-контейнеров и строительству быстровозводимого доступного жилья. В качестве одного из несущих элементов в конструкциях производства АО «СКДМ» используется балка перекрытия (рис. 1).

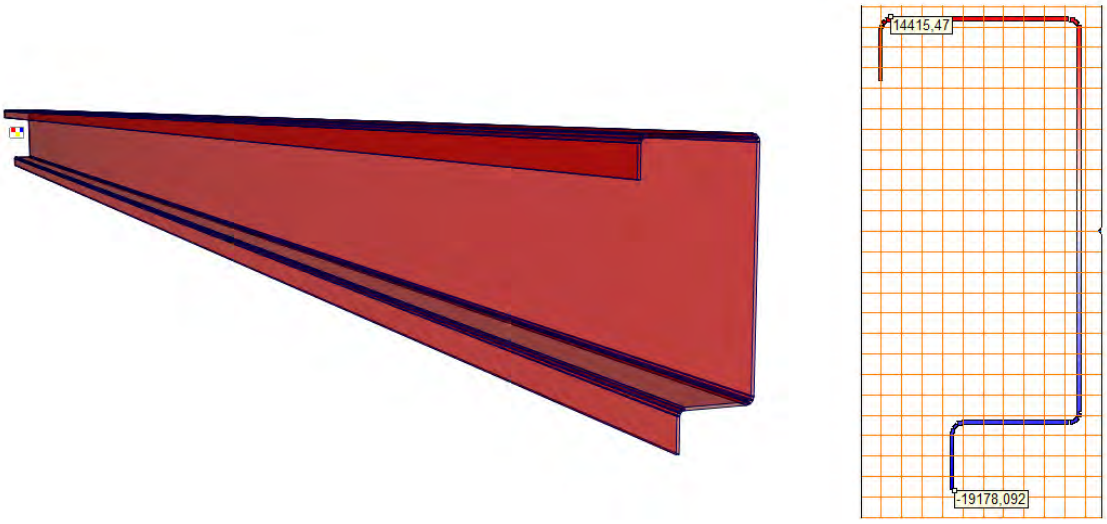


Рис. 1. Общий вид и поперечное сечение балки перекрытия 200-2,5 производства АО «СКДМ»

Таблица

Характеристики сечения балки

A_s, см^2	W_x, см^3	I_x, см^4	i_x, см^4	P, см
10,31	69,37	641,15	8,19	82,51

Целью исследования является разработка метода определения надежности (вероятности безотказной работы) балки перекрытия при ее производстве для оценки качества продукции и безопасности эксплуатации.

Расчет надежности стальной балки перекрытия по критерию прочности выполняется на основе математической модели предельного состояния вида:

$$\frac{M}{W} \le \tilde{\sigma}_{s,np}, \qquad (1)$$

где M – расчетный изгибающий момент, определяемый путем сбора нагрузок на стадии проектирования; W – момент сопротивления сечения балки перекрытия; $\tilde{\sigma}_{s,np}$ – предел прочности стали, в качестве которого можно принять предел пропорциональности, определяемый по испытаниям образцов произведенных профилей.

По результатам испытаний образцов стали из произведенных профилей методами математической статистики [1] определяются закон распределения случайной величины и его параметры. Для описания прочности стали зачастую используют нормальный закон распределения [2].

Межгосударственный стандарт ГОСТ 27751-2014 рекомендует использовать вероятностно-статистические методы при расчетах надежности несущих элементов строительных конструкций. В вероятностной формулировке при нормальном законе распределения надежность балки перекрытия по критерию прочности (1) можно рассчитать по формуле:

$$P = \Phi\left(\frac{m_\sigma - \frac{M}{W}}{S_\sigma}\right), \qquad (2)$$

где m_σ – математическое ожидание предела прочности стали (оценкой которого может служить среднее значение предела прочности стали); S_σ – среднеквадратическое отклонение предела прочности стали.

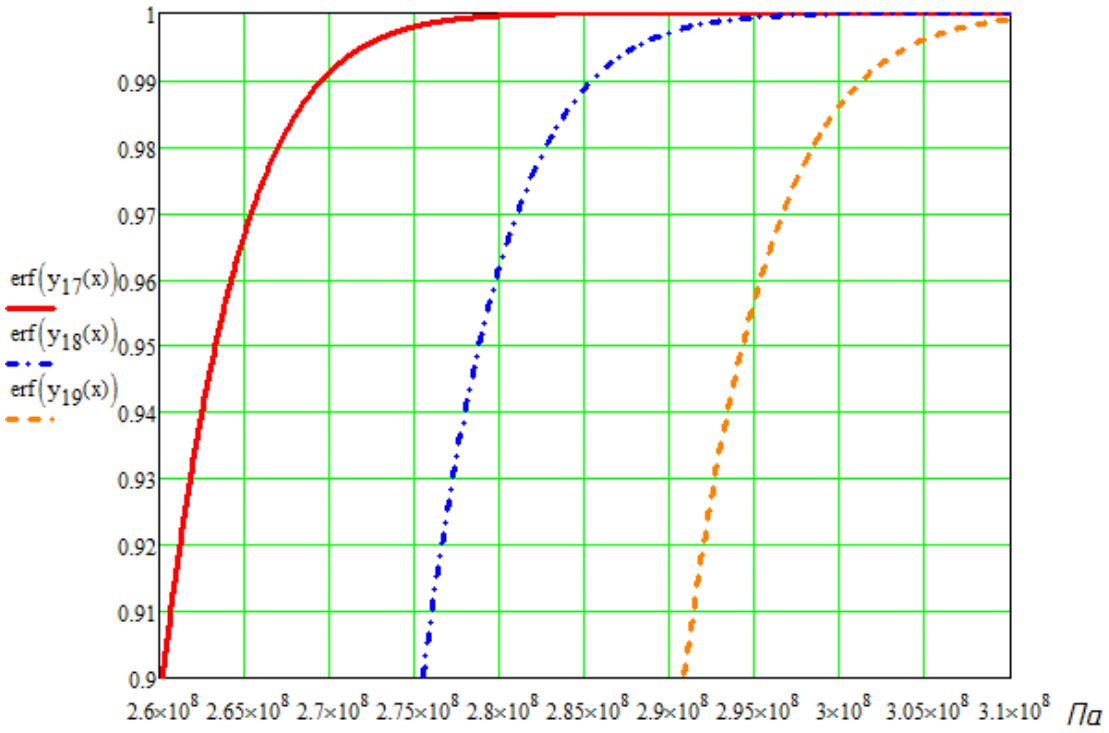


Рис. 2. Графики зависимости вероятностей безотказной работы (при изгибающих моментах 17, 18 и 19 кН·м) от предела прочности стали (с коэффициентом вариации 0,05)

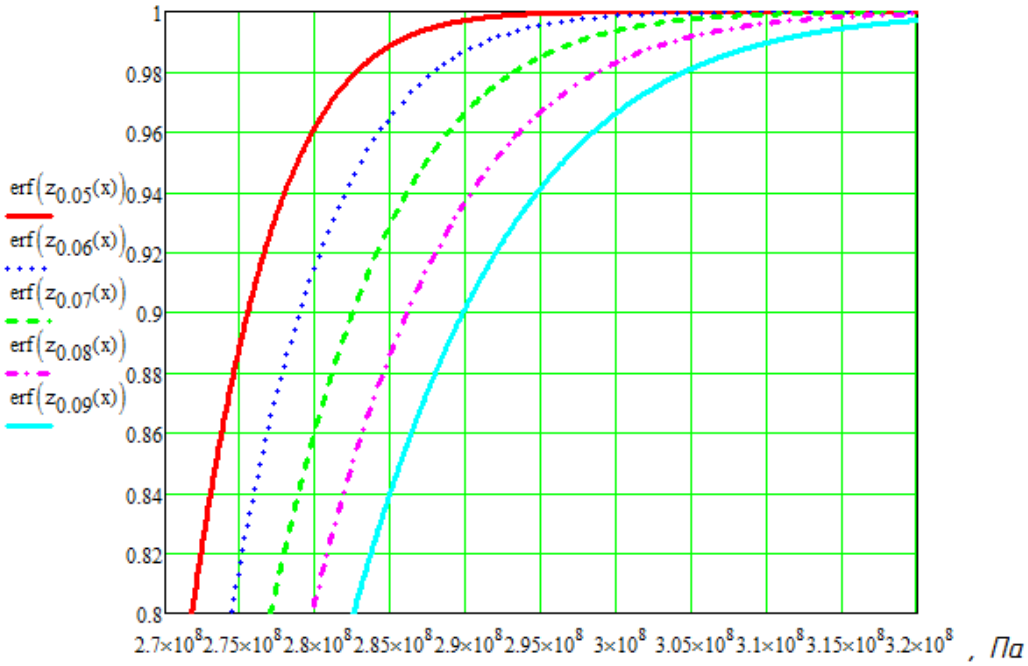


Рис. 3. Графики зависимости вероятности безотказной работы (при изгибающем моменте 18 кН·м) от предела прочности стали при различных коэффициентах вариации

При ограниченном количестве статистической информации о пределе прочности стали можно использовать подходы к расчету надежности возможностными методами расчета надежности [3, 4, 5 и др.].

Построение графиков аналогичных по рисункам 2 и 3 для конкретных объектов при фактических расчетных усилиях в виде изгибающего момента *M* позволит оперативно оценивать надежность произведенной продукции и принимать последующие проектные решения до начала возведения конструкции.

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

2. Беленя Е.И., Балдин В.А., Веденников Г.С. и др. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. Под общ. ред. Е. И. Беленя. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. – 560 с.

3. Уткин В.С., Соловьев С.А. Расчет надежности железобетонной балки на стадии эксплуатации по критерию длины трещины в бетоне // Вестник МГСУ, 2016. – №1. – С. 68-79.

4. Уткин В.С., Каберова А.А., Соловьев С.А. Расчет надежности основания фундамента, сложенного просадочными грунтами, по критерию деформаций // Геотехника. 2016. – №3. – С. 18-25.

5. Уткин В.С., Каберова А.А., Соловьев С.А. Расчет надежности грунтовых оснований зданий и сооружений по несущей способности при реконструкции // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2016. – № 3. – С. 51-58.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

И.Г. Хуснутдинова, Р.Д. Биткулов
Научный руководитель ***М.Г. Баширов,*** *д-р техн. наук, профессор*
Уфимский государственный нефтяной технический университет
г. Салават

Металлические элементы энергетического оборудования в процессе эксплуатации испытывают нагрузки температурных режимов, нагрузки собственного веса, нагрузки, вызванные обледенением и налипанием снега, что способствует возникновению аварийных ситуаций.

Обеспечение безопасности, эксплуатационной надежности, возможность раннего обнаружения дефектов определяют задачу контроля напряженного состояния конструктивных элементов энергетического оборудования [1], [2].

Электромагнитно-акустический (ЭМА) метод является одним из наиболее перспективных бесконтактных методов для количественной оценки степени напряженно-деформированного состояния и уровня поврежденности металлических конструкций. В работе описываются конструктивные элементы устройства для формирования сигнала возбуждения, подаваемого на вход электромагнитно-акустического преобразователя [3].

Генераторная часть электромагнитно-акустического преобразователя (ЭМАП) состоит из следующих частей (рис. 1): К – персональный компьютер, М – микроконтроллер, УВЧ – усилитель высоких частот, И – инудуктор.

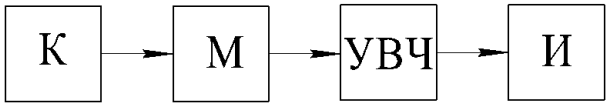


Рис. 1. Структурная схема генератора для формирования сигнала возбуждения ЭМАП

Компьютер. С помощью персонального компьютера написан код для прошивки микроконтроллера. В данном случае используется приложение ArduinoIDE, которое позволяет написать несложные программные коды с поддержкой множества встроенных библиотек и компилировать их в машинный код. Прошивка микропроцессора осуществляется также этой же программой.

Микропроцессор. В качестве исходного была использована плата ArduinoUno (рис. 2). Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку переза-

грузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. ArduinoUno использует микроконтроллер ATmega328P. Микроконтроллер ATmega328P располагает 32 кБ флэш-памяти, из которых 0,5 кБ используется для хранения, а также 2 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM [4].

Рис. 2. Плата ArduinoUno

Платформа может работать при внешнем питании от 6 В до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В, вывод 5V может выдавать менее 5 В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 В до 12 В.

Усилитель высоких частот (УВЧ). Усиливает сигнал с выхода микроконтроллера в 10^3 раз.

Индуктор. Катушка ЭМАП в форме двух симметричных эллипсов имеет следующие конструктивные параметры: 6<L<30 (мкГн); 1,5<R<100 (Ом); 5<C<25 (мм); 3<D<35 (мм); 0,15<t<1,8 (мм); 10<W<130. Где C – ширина рабочей зоны; D – длина рабочей зоны; W – количество витков; t – шаг проводников в рабочей зоне катушки.

Индуктор выполнен (рис. 3) из фольгированного стеклотекстолита способом травления. Параметры индуктора приведены в таблице [5], [6].

Таблица

Параметры индуктора

Параметр	Значение
Число витков, шт	20
Ширина витка, мм	1
Межвитковое расстояние, мм	0,5
Область рабочей зоны, мм^2	706,5

В качестве сигнала возбуждения ЭМАП было принято решение использовать прямоугольный импульс, являющийся одним из лучших в плане помехоустойчивости и простоты формирования.

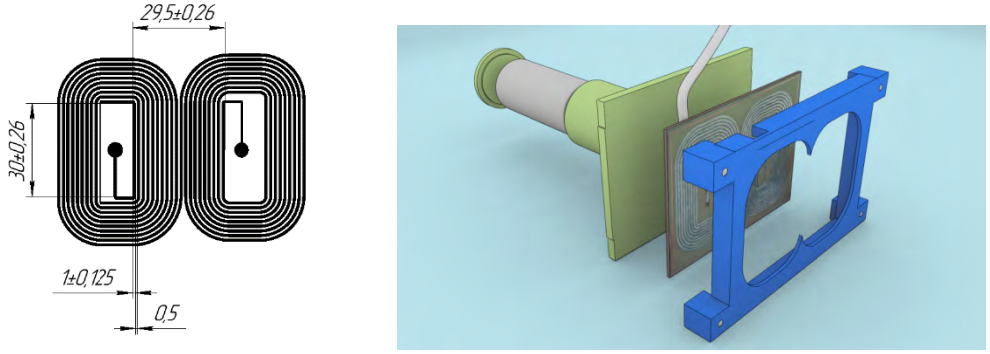


Рис. 3. Индуктор ЭМАП в виде двух симметрично расположенных эллипсов

В коде программы можно задать необходимую частоту, количество импульсов и задержку, необходимую для принятия отраженного сигнала. Сигнал поступает на УВЧ, схема которого представлена на рис. 4. После усиления сигнал поступает на индуктор, подключенный в схему в качестве нагрузки. Код программы представлен на рис. 5.

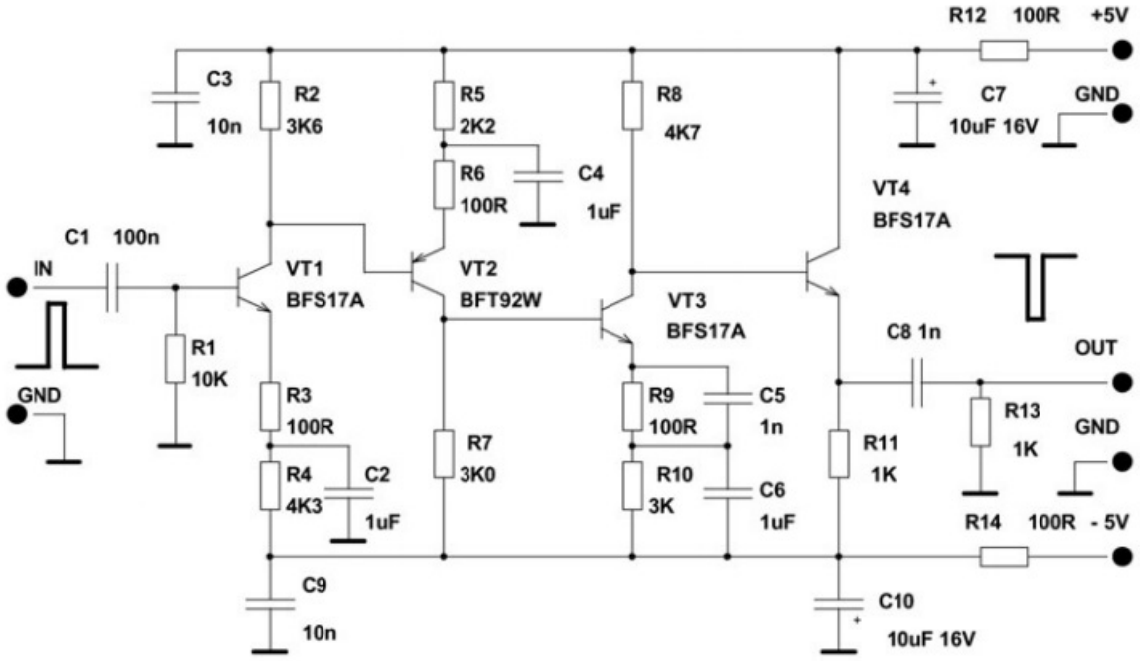


Рис. 4. Схема УВЧ

Дальнейшая работа в этом направлении предусматривает формирование необходимых параметров сигнала для реализации прямого электромагнитно-акустического преобразования, что позволит разработать программно-аппаратный комплекс.

```
long d = 100000; // Частота
long b = 10; // Количество импульсов
float c;
long e = 5000; // Задержка до отправки следующей группы испульсов
void setup()
{
pinMode(3, OUTPUT);
c = 1000000*1/d;
}
void loop()
{
for ( int a = 0; a < b ; a++ )
{
digitalWrite(3, HIGH);
delayMicroseconds(c);
digitalWrite(3, LOW);
delayMicroseconds(c);
}
delay(e);
}
```

Рис. 5. Код программы

1. Баширов, М.Г. Разработка электромагнитно-акустического метода диагностики электроэнергетического оборудования / М.Г. Баширов, И.Г. Хуснутдинова // Наука. Технология. Производство-2014: тезисы докладов Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2014. – С. 68-70.

2. Баширова, Э.М. Ранжирование нефтегазового оборудования при переходе на систему обслуживания и ремонта по техническому состоянию / Э.М. Баширова, У.Ф. Юмагузин, Р.Т. Юлбердин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2014. – № 1. – С. 18-22.

3. Хуснутдинова, И.Г. Анализ аварийных ситуаций в нефтегазовой отрасли при возникновении дефектов в металлических элементах оболочковых конструкций / И.Г. Хуснутдинова, М.Г. Баширов, И.К. Бакиров // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. – № 2 (108). – С. 155-164.

4. Arduino Uno. Общие сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ttp://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno.

5. Баширов, М.Г. Актуальность и перспективы развития электромагнитно-акустического метода диагностики металлических конструктивных элементов энергетического и технологического оборудования / М.Г. Баширов, И.Г. Хуснутдинова, Д.Р. Усманов, А.А. Баймурзина // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2015. – С. 28-30.

6. Баширов, М.Г. Оценка напряженно-деформированного состояния и уровня поврежденности металла нефтегазового оборудования / М.Г. Баширов, Д.Р. Усманов, И.Г. Хуснутдинова // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией М.Г. Петровой. 2015. – С. 27-29.

Секция «СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ»

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЯ ЛСТК

Е. И. Белкина
Научный руководитель ***И. С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

При проектировании строительных конструкций особое внимание следует уделять узлам их соединения. Через узловые соединения происходит передача нагрузки от одного конструктивного элемента к другому, поэтому они являются очень ответственной частью конструкции, от которой напрямую зависит её прочность и надежность.

В данной работе рассматриваются особенности конструирования и расчета узлов болтовых соединений ЛСТК (лёгкие стальные тонкостенные конструкции) в соответствии с методиками, представленными в Еврокоде-3: «Проектирование стальных конструкций» [1] и СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» [2].

Целью данной работы является сравнение методик конструирования и расчета узлов соединения в соответствии с методиками, описанными в СП 260.1325800.2016 и Еврокоде-3. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: изучение конструктивного решения узлов соединения ЛСТК; изучение методик расчета узлов соединения ЛСТК; сравнительный анализ данных методик; конструирование и расчет узлов на примере несущей рамы надстраиваемого мансардного этажа; исследование полученных результатов; выводы по работе.

Технология строительства с применением стального тонкостенного оцинкованного профиля подразумевает несколько вариантов крепежа. Соединения ЛСТК бывают: сварными, клеевыми и на метизах (заклепки, самонарезающие винты, дюбели, болты). Наиболее часто используются соединения на самонарезающих винтах или болтах.

Болтовые соединения по характеру их работы классифицируются следующим образом:

- работающие на сдвиг;
- работающие на растяжение;
- работающие одновременно на сдвиг и растяжение.

Основным видом работы болтового соединения является работа на сдвиг. Болты в таких соединениях воспринимают нагрузки, которые перпендикуляр-

ны их продольной оси, и работают на срез, а стенки отверстий соединяемых элементов – на смятие.

Когда на узел действует внешняя сила, направленная параллельно продольной оси болта, происходит их работа на растяжение (вырывание, выдергивание).

При сравнительном анализе методик расчета узлов болтовых соединений на сдвиг и растяжение, приведенных в [1] и [2], было выявлено, что они имеют одинаковую структуру. Однако расчетные формулы в данных нормативных документах имеют различия, состоящие в следующем:

1) прочностные характеристики метизов;

2) прочностные характеристики стали, соединяемых элементов;

3) значения коэффициентов надежности, безопасности, условий работы метизов и соединяемых элементов.

При расчете в соответствии с [1] следует также соблюдать требования, приведенные в СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [3].

Также были рассмотрены условия по конструированию узлов болтовых соединений. Размеры расположения метизов в соединениях в соответствии с условиями[1] и [2] имеют различные значения, представленные в таблице в соответствии с рис. 1.

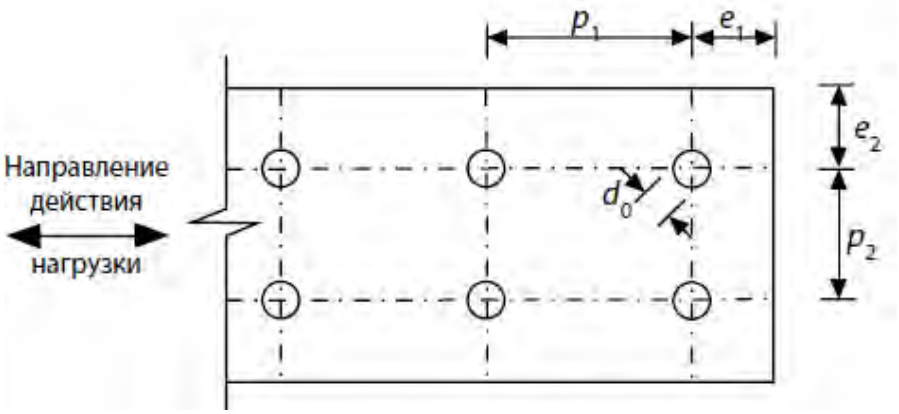


Рис. 1. Расположение метизов в соединениях

Таблица

Минимальные допустимые расстояния между ботами и от их осей до краев соединяемых элементов

	СП 260.1325800.2016	**Еврокод-3**
$\boldsymbol{e_1}$	$\geq 2{,}0 \cdot d_0$	$\geq 1{,}0 \cdot d_0$
$\boldsymbol{e_2}$	$\geq 1{,}5 \cdot d_0$	$\geq 1{,}5 \cdot d_0$
$\boldsymbol{p_1}$	$\geq 2{,}5 \cdot d_0$	$\geq 3{,}0 \cdot d_0$
$\boldsymbol{p_2}$	$\geq 2{,}5 \cdot d_0$	$\geq 3{,}0 \cdot d_0$
Минимальный размер болта	М6	М6

Были произведены конструирование и расчет узлов болтового соединения конструктивных элементов несущей поперечной рамы для надстраиваемого мансардного этажа. Рассчитываемые узлы, изображены на рис. 2.

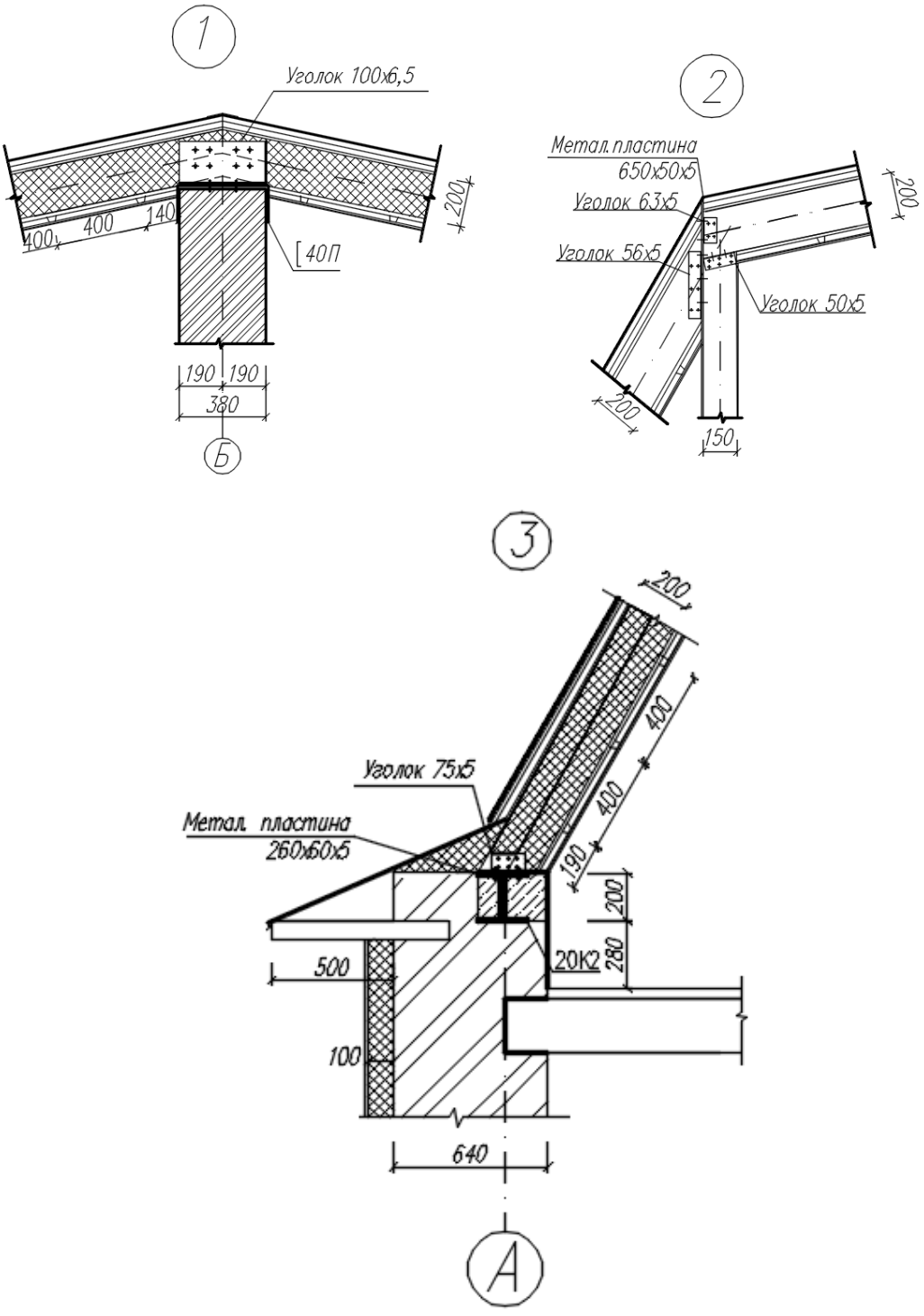


Рис. 2. Узлы соединения элементов несущей рамы:
1 – коньковый узел;
2 – узел изменения угла наклона кровли;
3 – карнизный узел

Расчеты показали, что несущая способность болтов, рассчитанная в соответствии с требованиями СП 260.1325800.2016 на 15-17% ниже несущей способности, полученной по расчетам согласно Еврокоду-3.

1. СП 260.1325800.2016. Свод правил. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования: утв. приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ от 03.12.2016 №881- Введ. 04.06.2017. – М. – 116 с.

2. Уэй, Э. Руководство по расчету элементов из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3 / Э. Уэй, М. Хэйвуд, Н.А. Беляев, С.И. Билык, А.С. Билык. – Киев : Украинский Центр Стального Строительства, 2015. – 223 с.

3. СП 16.13330.2017. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированнаяредакция СНиП II-23-81*. – Введ. 28.08.2017. – М.: Национальные стандарты, 2017. – 143 с.

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ «ПРОЕКТ ЗДАНИЯ АВТОМОЙКИ ПО УЛ. ЛЕНИНГРАДСКОЙ»

Н.А. Борисова

Научный руководитель ***М.Ю. Белозор,*** *канд. техн. наук, доцент*

Череповецкий государственный университет

г. Череповец

Экспертиза проектной документации "Проект здания автомойки по ул. Ленинградской" выполнена с целью определения соответствия заложенных в проекте технических и технологических решений действующим стандартам, нормам и правилам промышленной безопасности [1,3].

Здание автомойки по ул. Ленинградской запроектировано двух пролётным, одноэтажным. Размерами в плане 9,0х28,0 м. Высота здания до балок покрытия 4,0 м. За относительную отметку 0.000 принята отметка уровня чистого пола.

Класс ответственности здания автомойки - нормальный.

Класс функциональной пожарной опасности: Ф5.1 (производственные здания и сооружения).

Среда эксплуатации строительных конструкций здания автомойки - среднеагрессивная.

Фундамент под объект – железобетонная монолитная плита δ=300 мм на естественном основании.

Материал конструкций – бетон В20 по прочности на сжатие, по водонепроницаемости – W6, по морозостойкости – F150, арматура – сталь горячекатаная класса А-400с по СТО АСЧМ 7-93.

Железобетонные конструкции фундаментов выполнены в соответствии с требованиями СП 52-103-2007 "Железобетонные монолитные конструкции зданий" и СП 63.13330.2012 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения".

Под фундаментную плиту проектом предусмотрено устройство подсыпки из ПГС δ=500 мм, поверх которой предусмотрена гидроизоляция - профилированная мембрана PLANTER standard.

Конструкции фундаментов запроектированы в соответствии с требованиями СП 22.13330. 2011 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений"; СП 45.13330.2012 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты"; СП 50-101-2004 "Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений"; СП 20.13330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия".

Каркас здания запроектирован из металлических конструкций.

Балки запроектированы из двутавров по СТО АСЧМ 20-93.Колонны и связи - из замкнутых гнутосварных профилей по ГОСТ 30245-2003. Элементы несущих металлоконструкций - из стали марки С245.

Металлические конструкции запроектированы в соответствии с требованиями СП 16.13330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП II-23-81* Стальные конструкции".

Устойчивость каркаса в поперечном направлении обеспечивается жёсткостью рам и системой связей.

Геометрическая неизменяемость каркаса в продольном направлении обеспечивается системой распорок и вертикальных связей по колоннам и горизонтальным диком покрытия.

Конструкции рассчитаны на действие нагрузок от собственного веса и конструкций, которые на них опираются, снеговых и ветровых нагрузок в соответствии с СП 20.13330.2011.

Стеновое ограждение – сэндвич-панели с утеплителем из пенополиизоцианурата. Кровля запроектирована утеплённой односкатной.

Конструкции стен и покрытий выполнены в соответствии с требованиями СП 70.13330.2012 Свод правил. Актуализированная редакция "СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции".

Полы – бетонная стяжка. Конструкция полов соответствует требованиям СП 29.13330.2011 Свод правил. Актуализированная редакция" СНиП 2.03.13-88 Полы".

Надёжность запроектированных конструктивных элементов здания автомойки обеспечивает эксплуатационную надёжность всей системы конструкций и не угрожает жизни и здоровью людей.

Проведённой экспертизой установлено, что отступлений и нарушений градостроительных норм, требований технических регламентов [2]в части соблюдения санитарно-эпидемиологических требований, требований промышленной и пожарной безопасности не выявлено.

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила проведения экспертизы промышленной безопасности". Зарегистрированы в Минюсте РФ 26 декабря 2013 г. Регистрационный N 30855.

2. Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". Принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года. Одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года.

3. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Принят Государственной Думой 20 июня 1997 года.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ПРИ ЗИМНЕМ БЕТОНИРОВАНИИ

А.И. Васильева
Научный руководитель ***И.С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Актуальность работы обусловлена возможностью бетонирования стен зданий из монолитного железобетона в несъемной опалубке из щепоцементных плит Velox при более низких температурах наружного воздуха, а также, в дальнейшем, уменьшении теплопотерь на этапе эксплуатации.

Цель работы:

- использование несъемной опалубки Velox при зимнем бетонировании;
- сокращение энергопотребления здания из монолитного железобетона с несъемной опалубкой из щепоцементных плит Velox.

Высокая температура ускоряет большинство химических процессов, участвующих в гидратации и твердении цемента. Низкая положительная температура замедляет процесс схватывания и нарастания прочностных характеристик бетона, то отрицательная полностью его прекращает. И основная причина этого в том, что происходит вымерзание воды в молодом бетоне, которая является основным компонентом для образования цементного камня.

Замораживание бетона в раннем возрасте негативно влияет на его свойства после оттаивания, при последующем твердении и необратимым воздействием мороза на структуру бетона. Поэтому в соответствии с нормами[3]:для бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой для бе-

тона класса В15 (М200) минимальная прочность не менее 50%.В работе задаемся временем твердения бетона 2 суток и необходимой марочной прочностью 50%. По рис. 1 видно, что необходимая средняя температура твердения бетона не менее 28 °С.

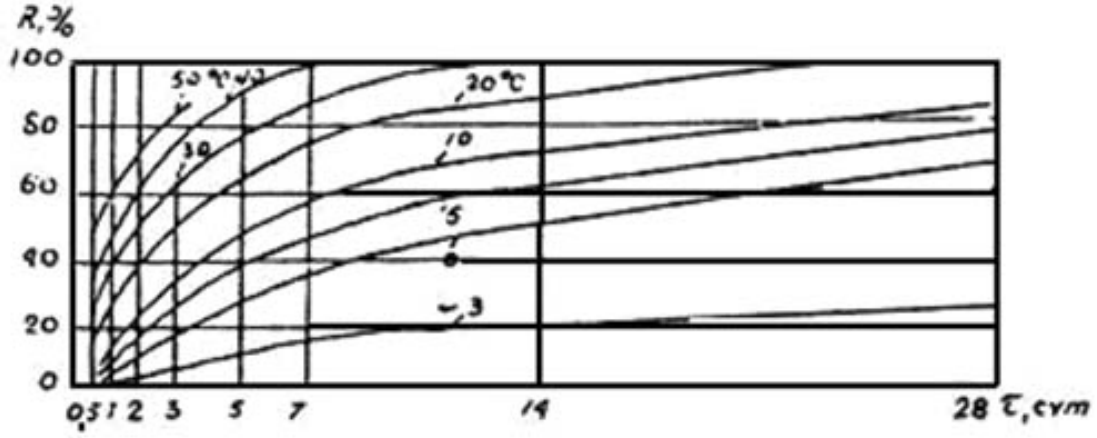


Рис. 1. Нарастание прочности бетона марок 200-300 на портландцементе марки 400 (в % от R28 при температурах от -3 до +50 °С).

При бетонировании в условиях отрицательных температур принят следующий порядок работ:

- монтаж опалубки стен и перекрытий;
- установка тепловой пушки внутри помещения;
- заливка бетонной смеси (после заливки открытые участки утепляются матами).

Расчет опалубки при бетонировании в условиях отрицательных температур производился согласно [2]. Для данной конструкции опалубки коэффициент ее теплопередачи определяется по формуле:

$$K = \frac{C \cdot \gamma}{M_n}\left[1{,}5 - \sqrt{\frac{6 \cdot (t_{бср.} - t_в)}{t'_{бн} - t_в} - 3{,}75}\right], \qquad (1)$$

где К – коэффициент теплопередачи опалубки, $Вт/м^2 \cdot °С$;

С – удельная теплоемкость бетона, $кДж/кг \cdot °С$;

γ – объемная масса бетона, $кг/м^3$;

M_n – модуль поверхности остываемой конструкции, $м^{-1}$;

$t_{бср.}$ – среднее значение температуры бетона за время остывания, °С;

$t_в$ – температура наружного воздуха, °С;

$t'_{бн}$ – начальная температура бетонной смеси перед укладкой.

Толщина теплоизоляционного слоя опалубки определена по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из}\left[\frac{1}{K} - \left(\frac{1}{\alpha_Л + \alpha_К}\right) + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}\right], \qquad (2)$$

$\delta_{из}$ – толщина теплоизоляции слоя, мм;

$\lambda_{из}$ и λ_i – коэффициент теплопроводности соответственно теплоизоляции и составляющих материалов опалубки, $Вт/м^2 \cdot °С$;

– коэффициенты теплоотдачи излучением и конвективной теплоотдачи опалубки.

Результат расчета показан на рис. 2.

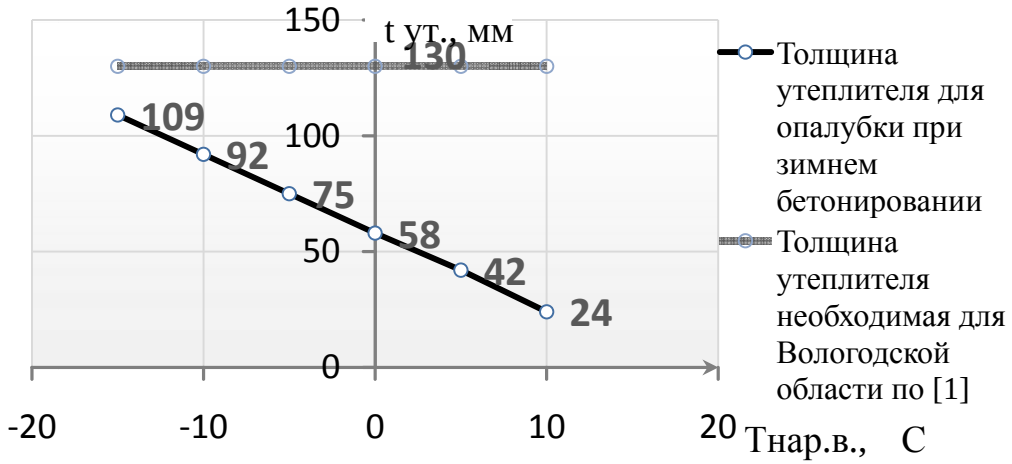


Рис. 2. Зависимость температуры толщины требуемого утепления и температуры наружного воздуха.

Таким образом, благодаря использованию в Вологодской области несъемной опалубки из щепоцементных плит Velox и утеплителя, входящего в их состав, можно выполнять бетонные работы при температуре наружного воздуха до -15°С без затрат на дополнительное утепление опалубки.

1. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.: утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 265 и введен в действие с 1 июля 2013. – М.: ФГУП, 2012. – 82с.

2. ТР 80-98. Технические рекомендации по технологии бетонирования безобогревным способом монолитных конструкций с применением термоса и ускоренного термоса.: утв. комплексом перспективного развития г. Москвы от 25.12.1998. – М.: Мосоргстрой , 1998. – 231 с.

3. СП 70.13330.2012.Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция.: СНиП 3.03.01-87.: утв. приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. N 109/ГС.:введ. 01.07.2013 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СВЕТОВЫХ ПРОЕМОВ В ГИПАРАХ

Д.В. Воробьева
Научный руководитель ***Н.С. Новожилова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Основной задачей статьи является исследование поведения гиперболической оболочки на прямоугольном контуре при организации в ней световых проемов.

В современном строительстве распространены пространственные конструкции покрытий для большепролетных зданий, таких как спортивные сооружения, производственные здания, торгово-выставочные павильоны и т.п., и для создания интересных архитектурных форм. Среди многочисленных современных систем наиболее примечательными по праву считаются оболочки двоякой кривизны, которые являются выражением кардинальной идеи архитектурной конструкции [1].

На данный момент не разработано нормативной документации по расчету оболочек отрицательной Гауссовой кривизны при наличии в них проемов. В существующих нормах [2] п.9 и п.11 прописаны требования к конструированию длинных цилиндрических оболочек и пологих оболочек положительной Гауссовой кривизны со световыми проемами. Для последних в 2016 г «НИЦ «Строительство» начал разработку расчетно-обоснованной базы по назначению нормативных конструктивных параметров сборно-сталежелезобетонных большепролетных сводчатых покрытий с большими световыми проемами.

Первоначальной задачей было определение наиболее рационального расположения отверстий в гиперболических оболочках. Для этого был проведен сравнительный анализ напряженного состояния оболочек положительной и отрицательной Гауссовых кривизн при помощи расчетного комплекса SCAD. В программе были заданы оболочки на одинаковых прямоугольных планах загруженных равномерной нагрузкой (собственный вес оболочки).

Для задания оболочек в расчетном комплексе были использованы формулы плоскостей двойной кривизны, приведенные в [2]:

$z = -f_1\left(\frac{x}{a}\right)^2 - f_2\left(\frac{y}{b}\right)^2$ – для оболочки положительной Гауссовой кривизны (где a, b – полупролеты оболочки);

$z = C_0xy + C_1x + C_2y + C_3$- для оболочки отрицательной Гауссовой кривизны (где Ci – константы);

Схематическое изображение оболочек и заданный центр начала координат с направлением осей указаны на рис. 1.

а) б)

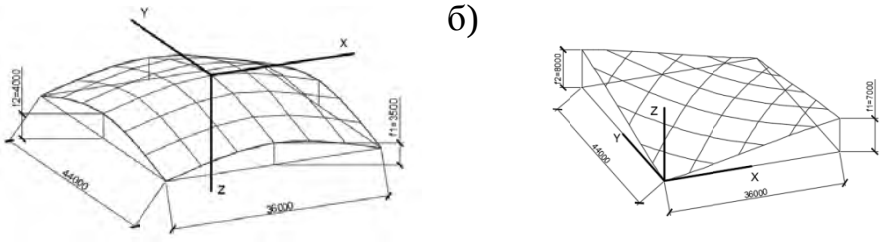


Рис 1. Схемы оболочек:
а – оболочка положительной Гауссовой кривизны;
б – оболочка отрицательной Гауссовой кривизны.

Таблица

Геометрические характеристики оболочек

Параметры	Оболочка «+» Гауссовой кривизны	Оболочка «-» Гауссовой кривизны
Геометрия плана (м)	36х44	36х44
Стрела подъема f_1 (м)	3,5	7
Стрела подъема f_2 (м)	4,0	8
Функция плоскости оболочки[2]	— —	— — —
Толщина оболочки (мм)	60	60

Поскольку оболочки опираются на диафрагмы жесткости по контуру, для более правильного задания расчетной схемы рассмотрим два варианта опирания оболочек: шарнирное и жесткое. Данный вид закрепления аналогичен жестким диафрагмам, но существуют и гибкие в своей плоскости диафрагмы (например, арки с затяжками). В п.11.20 [2] приведен сравнительный анализ расчета одной и той же оболочки без учета податливости и с учетом действительной жесткости диафрагмы.

По результатам линейного расчета оболочек, характеристики которых указаны в таблице, методом МКЭ в SCAD получены следующие результаты:

1) Для оболочки положительной Гауссовой кривизны с шарнирным опиранием:

а) б)

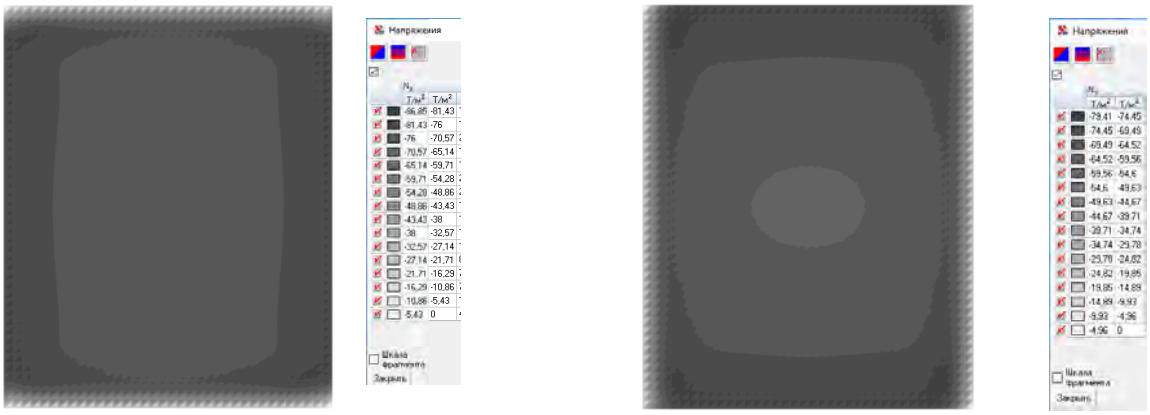


Рис 2. Поля напряжений оболочки положительной Гауссовой кривизны:
а – напряжения N_x; б – напряжения N_y

2) Для оболочки положительной Гауссовой кривизны с жестким опиранием:

а) б)

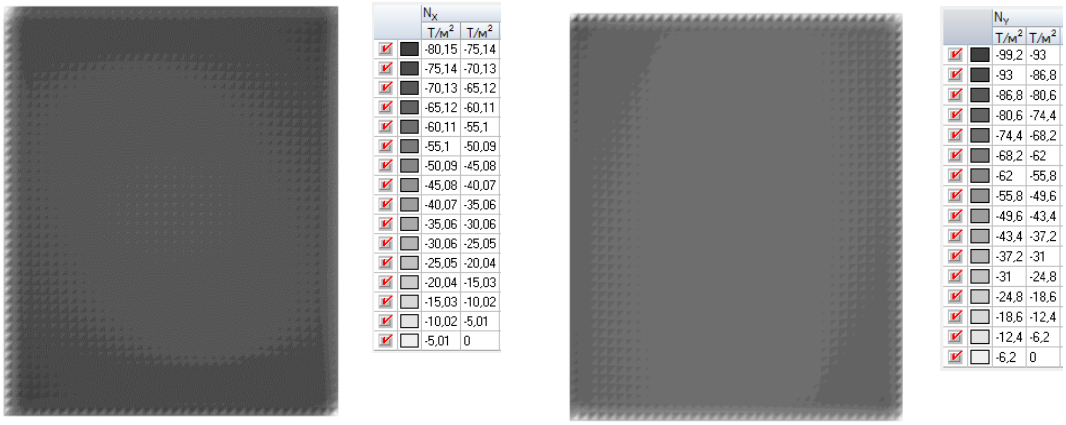


Рис 3. Поля напряжений оболочки положительной Гауссовой кривизны: а – напряжения N_x; б – напряжения N_y

Значение напряжений отрицательное, следовательно, оболочка испытывает сжатие по всей плоскости в двух направлениях при любых закреплениях.

3) Для оболочки отрицательной Гауссовой кривизны с шарнирным опиранием:

а) б)

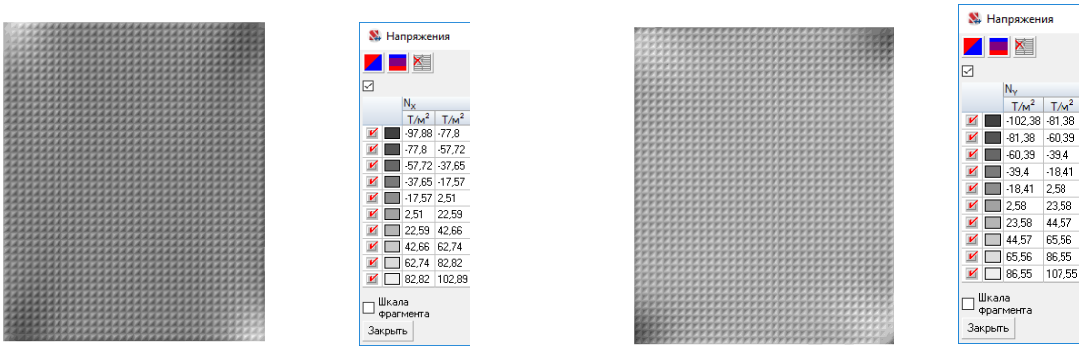


Рис 4. Поля напряжений оболочки отрицательной Гауссовой кривизны: а – напряжения N_x; б – напряжения N_y

4) Для оболочки отрицательной Гауссовой кривизны с жестким опиранием:

а) б)

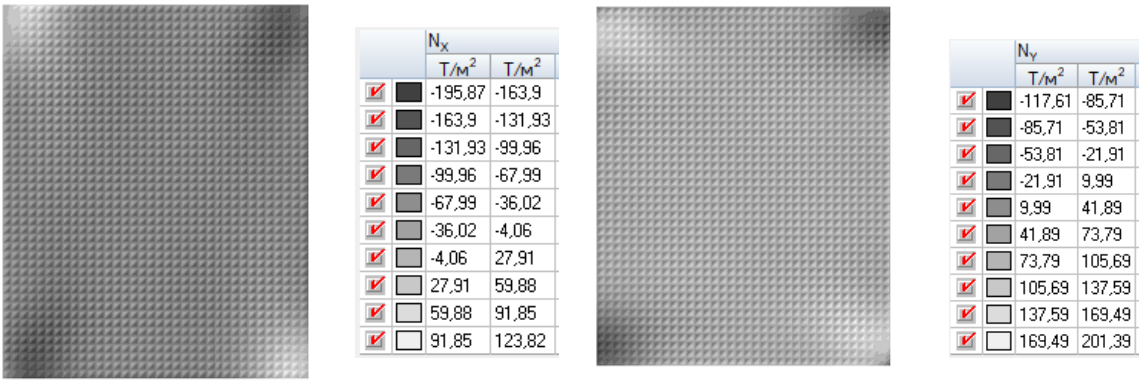


Рис 5. Поля напряжений оболочки отрицательной Гауссовой кривизны: а – напряжения N_x; б – напряжения N_y

Исходя из результатов расчета видно, что большая часть оболочки (средняя область и опущенные угловые зоны) испытывают сжатие, а у поднятых углов возникает напряжение растяжения при любых закреплениях.

Согласно существующим наработкам в оболочках положительной Гауссовой кривизны проемы располагаются в центральной зоне (Рис.6), где оболочка испытывает усредненные значения сжимающих напряжений (Рис.2,3). Проводя аналогию с оболочкой отрицательной Гауссовой кривизны, усредненные значения сжимающих напряжений находятся между опущенными краями гипара (рис. 4, 5). Следовательно, проемы в таких оболочках предположительно рациональнее располагать по линии усредненных напряжений сжатия (рис. 6).

а) б)

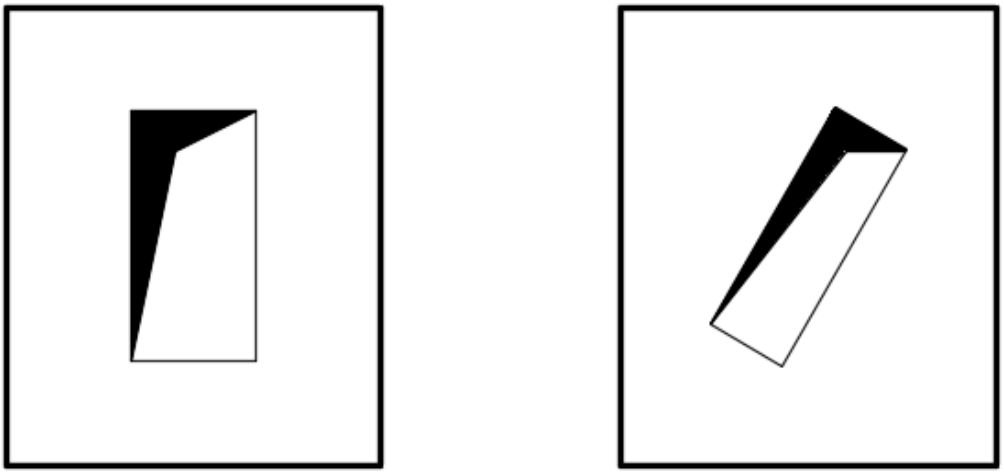


Рис 6. Условное расположение проемов в оболочках:
а – оболочка «+» Гауссовой кривизны; б – оболочка «-» Гауссовой кривизны

Таким образом, исходя из первоначальных наработок, можно сделать вывод, что наиболее рациональное расположение проемов в гиперболических оболочках находится по диагонали между опущенными углами. Дальнейшее исследование будет направлено на уточнение этих результатов и разработку расчетного и конструктивного обоснования создания световых или технических проемов различных размеров и конфигурации в оболочках отрицательной Гауссовой кривизны.

1. Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек покрытий в форме гиперболических параболоид[Текст]: учеб. для вузов / И.Е. Милейковский, А.К. Купар. – М.: Стройиздат. – 1978. – 264 с.: ил.

2. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий[Текст]: СП 52-117-2008. –Введ.2008-08-15. -М.: ОАО "НИЦ "Строительство", с измен., 2010. – 27 с.: ил.

3. Железобетонные конструкции. Общий курс[Текст]: учеб. для вузов / Байков В.Н., Сигалов Э.Е. – М.: Стройиздат, – 1991. – 767с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В АРОЧНОЙ И ПЕРЕКРЕСТНО-АРОЧНОЙ СИСТЕМАХ

О.Н. Гимазова
Научный руководитель ***Н.С. Новожилова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Вопрос реконструкции промышленных и гражданских зданий в настоящее время является актуальным. Это связано, во-первых, с существующей экономической обстановкой, во-вторых, в условиях плотной застройки больших городов реконструкция выступает и в качестве решения проблемы с нехваткой земель. Именно поэтому в последнее время многие существующие здания адаптируются под современные нормы, требования и необходимые функции.

В одном из проектов рассматривается реконструкция существующего промышленного здания с целью создания гостинично-торгового комплекса. Имеющееся здание представляет собой одноэтажное сложное в плане сооружение каркасного типа с перекрестным расположением ригелей с шагом колонн 6 м в поперечном направлении и 12 м в продольном направлении. Требуется значительно увеличить пролеты здания до 43-60 м, чтобы освободить центральную часть помещения первого этажа для расположения в ней выставочного зала. Также проектом предусматривается надстройка центральной части, в которой будет располагаться гостиница.

Возникает вопрос: какую использовать конструкцию, чтобы удовлетворить все необходимые требования, при этом соблюдая экономическую целесообразность?

При больших пролетах (свыше 30 м) применяются арочные конструкции, т.к. в отличие от балок, они являются более эффективными, способными воспринимать значительные нагрузки. Под вертикальной нагрузкой арка работает в большей степени на сжатие.

Рассмотрим особенности работы арочной (рис. 1 и 2) и перекрестно-арочной (рис. 3 и 4) систем под воздействием единичной равномерно-распределенной нагрузки на примере квадратного плана размером 45х45 м.

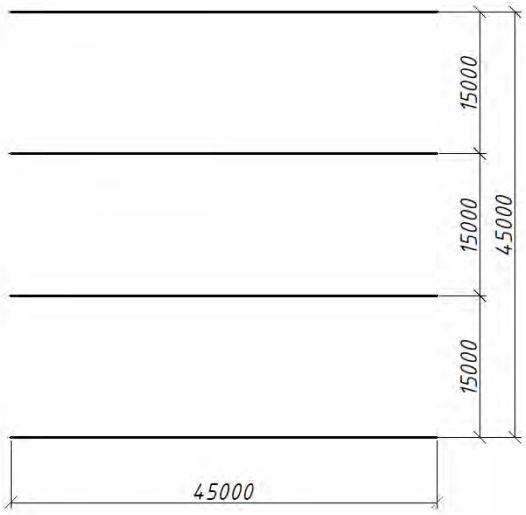


Рис. 1. План расположения одиночных арок

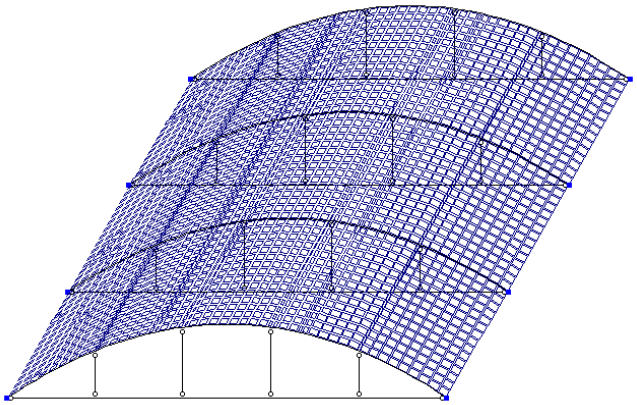


Рис. 2. Расчетная схема

Что представляет собой перекрестно-арочная система?

Перекрестные системы покрытия состоят из несущих линейных элементов, пересекающихся в плане под углом 90º, при этом если конструкция состоит из несущих элементов, расположенных параллельно сторонам квадрата или прямоугольника, и составляет сетку из квадратных ячеек, то такая конструкция называется ортогональной. Если та же квадратная сетка расположена к контурам покрытия под углом 45º, то такая конструкция называется диагональной. [1]. В нашем случае рассмотрим ортогональную конструкцию (рис. 3 и 4).

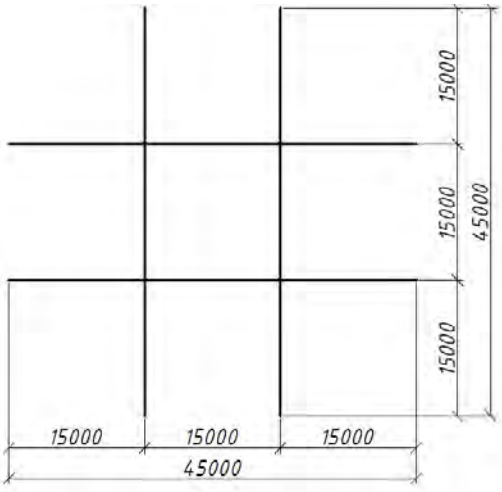


Рис. 3. План расположения арок в перекрестно-арочной системе

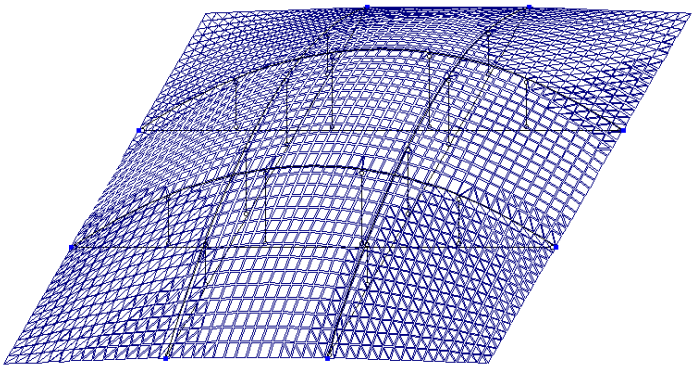


Рис. 4. Расчетная схема перекрестно-арочной системы

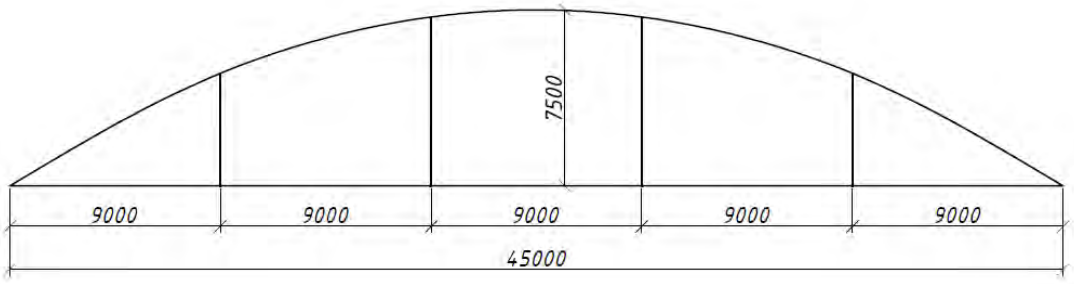


Рис. 5. Схема арки пролетом 45 м

Нагружаем систему из единичных арок (рис. 2) единичной равномерно-распределенной нагрузкой величиной 1 т/м^2. Усилия, возникающие в арке, представлены на рис. 6.

Максимальное сжимающее усилие, возникающее в поперечном сечении арки равно -735 т, в затяжке и подвесках возникают незначительные (N_{max}=8,33 т) растягивающие усилия.

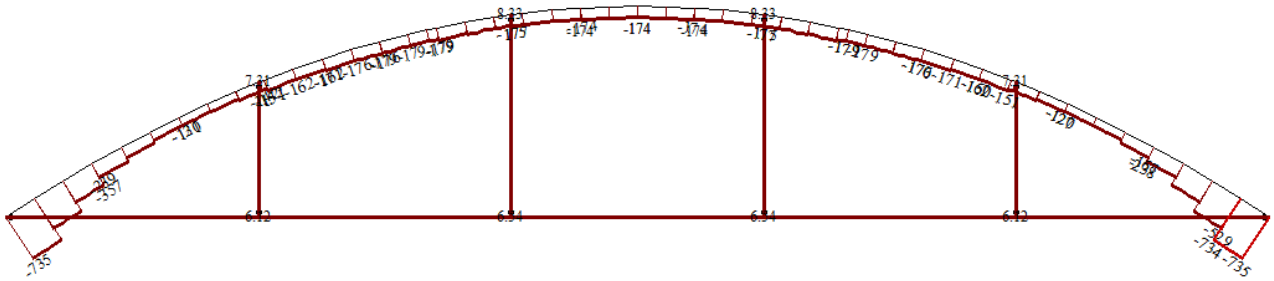


Рис. 6. Эпюра продольных сил N, т

Теперь рассмотрим работу перекрестно-арочной системы (рис. 4) под действием аналогичной распределенной единичной нагрузки.

Шаг арок в обоих направлениях составляет 15 м. Арки пересекаются перпендикулярно друг другу. Затяжки арок расположены вразбежку для обеспечения их самостоятельной работы. Благодаря перекрестному расположению арок, происходит перераспределение усилий, которое мы можем наблюдать на эпюре внутренних усилий (рис. 7).

Значения сжимающих усилий уменьшились до величины -558 т; растягивающие усилия в затяжке и подвесках изменились незначительно (8,63 т).

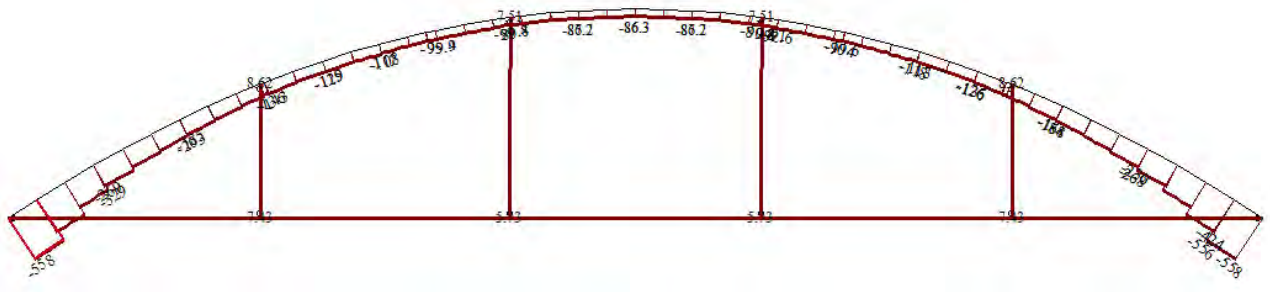


Рис. 7. Эпюра продольных сил N, т

Исходя из данных исследований, прослеживается положительная тенденция использования перекрестно-арочных систем по сравнению с арочными. Наблюдается уменьшение внутренних усилий в поперечных сечениях, что приводит к уменьшению их размеров, собственного веса и, следовательно, к экономии материала и снижению нагрузок. Однако для оценки степени рациональности перекрестно-арочной системы необходимо исследовать ее работу под действием различных нагрузок (неравномерная, сосредоточенная нагрузки; нагрузка на половину пролета арки).

1. Архитектурные конструкции [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / З. А. Казбек-Казиев [и др.]. – М.: Высшая школа, 1989. – 413 с.

2. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.

3. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий [Текст]: СП 52-117-2008*. – Введ. 2008-08-15.

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТА ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ «ВОЛОГДА»

А.П. Городишенина

Научный руководитель ***В.М. Механиков,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Целью представленной работы является исследование возможности использования рассмотрение технологии строительства мелкозаглубленного фундамента типа «шведская плита» для зданий системы «Вологда». В процессе работы выяснено, что представляет собой данная технология, её достоинства и недостатки. Проведен сравнительный анализ двух фундаментов.

Каркасные дома стали очень востребованы в наше время. Эти дома имеют легковесную конструкцию, которая применима на фундаментах любых видов. Данные дома имеют низкую стоимость и высокую скорость строительства, они экологически безопасны, высокотеплоэффективны, устойчивы к агрессивной среде.

Чтобы поддерживать комфортную температуру воздуха в каркасном доме, эксперты советуют устроить теплый водяной пол. В отличие от электрического он более экологичный, более практичный и обходится дешевле во время эксплуатации, так как может использоваться котёл на газу или на твёрдом топливе.

Для устройства теплого пола в каркасном доме применим фундамент технологии «щведская плита». Данная конструкция является современным, экономичным, теплоэффективным, высокотехнологичным решением.

Объектом исследования является фундамент индивидуального жилого каркасного дома. Его конструкция представлена на рисунке.

Данная технология уникальна, так как объединяет в себе возможность устройства фундамента, цоколя, теплого пола и поверхность пола первого этажа, уже готового к чистовой отделке.

При исследовании использовались методы анализа и обобщения литературных источников, научных публикаций, интернет-ресурса [1], нормативных документов и стандартов, анализ сравнительной технико-экономической оценки фундаментов разных типов.

Целью исследования является разработка внедрения технологии устройства фундамента «шведская плита» в Вологде и Вологодской области с применением местных строительных материалов и сокращение затрат организационными, техническими и экономическими методами, направленными на экономию ресурсов.

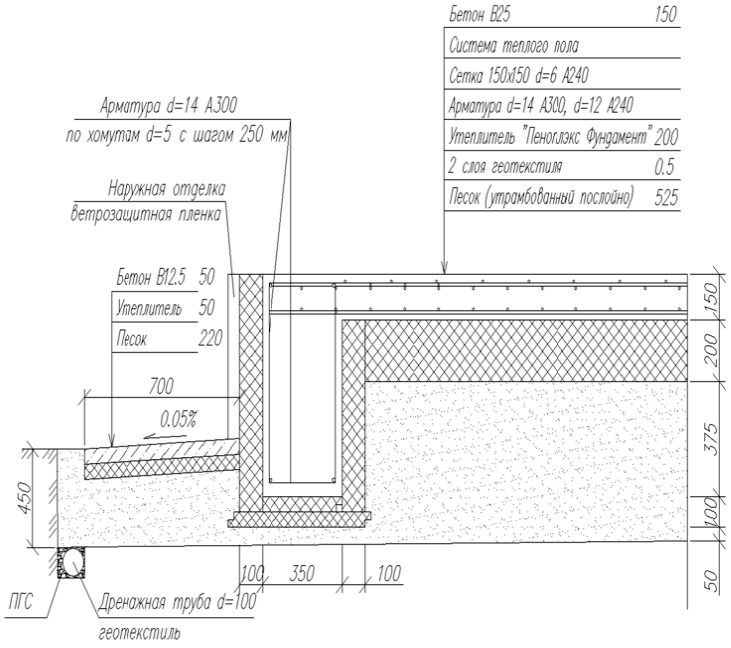


Рис. Конструкция УШП

Для достижения цели нужно решить следующие задачи:

1. Изучить данный материал в существующих источниках;

2. Выявить выполнимость использования фундамента УШП (утепленная шведская плита) как основание для малоэтажного строительства;

3. Провести сравнение технико-экономических показателей буронабивного свайного фундамента и фундамента УШП;

4. Снизить затраты на обеспечение людей комфортным жильем.

Строительство фундаментов трудоемкий и долгосрочный процесс. Стоимость его устройства лежит в пределах от 15% до 20% от общей стоимости здания. Фундамент – это основа здания, поэтому нужно отнестись ответственно к вопросу о выборе его типа.

Технология «шведской плиты» соединяет в себе устройство утепленной монолитной плиты фундамента и проведение коммуникаций, включая водяной подогрев пола.

Преимущества данной конструкции:

1. Строительство фундамента и прокладку коммуникаций выполняют в ходе одной технологической операции, что минимизирует сроки строительства.

2. Шлифованная поверхность плиты готова к укладке напольного покрытия.

3. Тонкий слой теплоизоляции предотвращает потерю тепла, а это означает снижение расходов на отопление дома.

4. Земля под утеплителем не промерзает, что сводит к минимуму проблемы на пучинистых грунтах.

5. Закладка фундамента не требует тяжелой техники.

Но конечно есть и недостатки. Все самые важные и нужные инженерные коммуникации находятся непосредственно внутри фундамента, поэтому доступ к ним затруднён. Невозможность устроить подвал. Требуется профессиональная бригада для выполнения строительно-монтажных работ.

Как и другие виды плитного фундамента, УШП плита представляет собой монолитное бетонное основание, укрепленное арматурой. При возведении небольших объектов рыть котлован не требуется, достаточно снять плодородный слой грунта. В специальную траншею кладут трубы отопления и канализации. Для предотвращения смешивания будущей подушки фундамента с грунтом, на поверхность укладывается слой геотекстиля расчетных характеристик. Все составляющие подушки должны быть сухими, это достигается путем установки дренажных колодцев. Укладывается двухслойная подушка. Из листов экструдированного пенополистирола укладывается подготовка под участок заливки бетона. После укладки тепловой сети, заливки и выдержки бетона, фундамент можно эксплуатировать. По периметру фундамента устраивается отмостка.

Этот тип фундамента рекомендуется к использованию в малоэтажном строительстве без организации подавала. Он обширно используется при строительстве каркасных домов, домов из газобетона и любых других видов теплых домов. Он наиболее подходит для участков застройки следующих грунтов: песок, супесь, суглинок, глина, слабонесущие и водонасыщенные грунты.

Таким образом, в ходе исследования технологии «шведская плита» и технико-экономического сравнения УШП и буронабивного фундаментов, выявлено, что данную технологию выгодно использовать в строительстве.

1. Черешнев И.В. Журнал «Технологии строительства» 1-2, 2014 [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://ardexpert.ru/article/147

2. Механиков В.М. Экономическое сравнение конструктивных решений индивидуальных жилых домов Вологодской области./ В.М. Механиков

3. Ермолова Е.В. Ресурсосбережение в проектировании фундаментов. Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: материалы научно-практической конференции (17 апреля 2013г.) /ПетрГУ./ Петрозаводск : ИздвоПетрГУ, 2013. 168 с.

ДЕФОРМАЦИИ ВОДОИЗОЛЯЦИОННОГО КОВРА ИЗ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ОСНОВАНИЯХ ПОКРЫТИЯ

А.П. Евсеева

Научный руководитель ***И.С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Одной из основных задач дальнейшего развития и улучшения кровель из битумно-полимерных и полимерных рулонных материалов является задача оценки работоспособности рулонного кровельного материала в условиях эксплуатации на различных основаниях покрытия в Вологодской области.

Важнейшими факторами старения кровельных рулонных материалов являются различные климатические условия, вследствие чего материалы теряют свою эксплуатационную надежность. В процессе эксплуатации в весенне-летний период года поверхность кровли подвергается значительному нагреву, а в зимний период значительному охлаждению. Величина нагрева кровельного ковра зависит от температуры наружного воздуха, степени воздействия солнечной радиации и теплоотражающей способности поверхности кровли. Одним из самых важных факторов старения рулонных материалов является термонапряженное состояние и растрескивание поверхностного слоя под влиянием усилий, возникающих в покрытии из-за разности коэффициентов линейного температурного расширения (КЛТР) рулонного материала и материала основания покрытия при изменении температуры.

В качестве основания покрытия могут служить такие материалы, как цементная или асфальтобетонная стяжка, бетонные плиты покрытия, плиты ЦСП, древесно-стружечные плиты, жесткий утеплитель, металлическое основание.

При известных характеристиках материалов в результате сезонных изменений температуры прогнозирование долговечности сводится к определению температурных напряжений. В том случае, если они не превышают предела

длительной прочности материала покрытия при расчетной температуре, условие сплошности покрытия не нарушается.

В данной работе приводятся результаты расчетных исследований изменения линейных размеров рулонных материалов, выполненных из разных битумно-полимерных и полимерных материалов с различными КЛТР (таблица 1).

Изменения температуры кровельного ковра в процессе эксплуатации вызывают в нем растягивающие напряжения, обусловленные разными по величине коэффициентами линейного изменения (а, град$^{-1}$) ковра и основания под кровлю.

Таблица 1

Коэффициенты КТЛР рулонных материалов

Вид рулонного материала	Наименование материала	КТЛР
Битумно-полимерные рулонные материалы	Линокром	$21.2 \cdot 10^{-6}$
	Техно-эласт С ЭКС	$28 \cdot 10^{-6}$
	Эластокрон	$17 \cdot 10^{-6}$
Полимерные рулонные материалы	Logicroof V-GR	$62{,}5 \cdot 10^{-6}$
	Logicroof V-RP	$75 \cdot 10^{-6}$
	ECOPLAST V-RP Siberia	$75 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2

Коэффициенты КТЛР оснований под рулонные материалы

Наименование материала	КТЛР
Металлическое основание	$16{,}6 \cdot 10^{-6}$
Плиты ЦСП	$7{,}8 \cdot 10^{-6}$
Древесно-стружечные плиты	$2{,}98 \cdot 10^{-6}$
Цементно-песчаная стяжка	$9{,}9 \cdot 10^{-6}$

При изменении температуры на величину Δl степень сокращения элементов кровли длиной 1 зависит от их коэффициентов линейного изменения. Степень сокращения элементов кровли длиной l при изменении температуры:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t, \qquad (1)$$

где α – коэффициент линейного температурного изменения материала;

l – длина элемента кровли;

Δt –степень изменения температуры.

Так же линейные размеры и напряженное состояние рулонного материала зависит от способа прикрепления материала к основанию. Существуют различные способы, рассмотрим основные из них.

Если кровельный ковер из полимерного рулонного материала приклеен к основанию по всей поверхности, то при изменении температуры деформации ковра будут сдерживаться связью его со стяжкой и влияние этой связи необходимо учитывать путем введения в формулу (1) коэффициента заделки (связи) $к_{св}$. В [1] установлено, что $к_{св}$=0,1. Температурные деформации водоизоля-

ционного ковра из рулонного материала, приклеенного к стяжке, складываются из деформаций стяжки и водоизоляционного ковра и могут быть представлены формулой:

$$\Delta l = (\alpha_{ст} + \alpha_{в} \cdot \kappa_{св}) \cdot l_{ст} \cdot \Delta t \quad (2)$$

где $l_{ст}$ – шаг деформационных швов в стяжке, принимаемый равным 6 м.

Если водоизоляционный ковер из полимерного рулонного материала механически прикреплен к основанию крепежными элементами, размещенными с шагом $l_{кр}$ или свободно уложен при шаге деформационных швов здания $l_{ш}$ и, таким образом, связь ковра с основанием отсутствует, его температурные деформации могут быть вычислены соответственно по формулам:

$$\Delta l = \alpha_{в} \cdot l_{кр} \cdot \Delta t; \quad (3)$$

$$\Delta l = \alpha_{в} \cdot l_{ш} \cdot \Delta t. \quad (4)$$

Рассчитано в [2], что в Вологодской области темная поверхность рулонной кровли нагревается до 75 градусов при температуре наружного воздуха в 20 градусов. Следовательно, изменение температуры рулонного материала составляет 55 град.

В таблице 3 приведены расчетные значения изменения элементов кровли при изменении температуры.

Таблица 3

Степень сокращения элементов кровли при изменении температуры

Вид покрытия	Деформации покрытия, см	Вид рулонного материала	Деформации покрытия при сплошной приклейке, см	Деформации покрытия при свободной укладке, см,	Деформации покрытия при механическом креплении (шаг 500 мм), см,
Цементно-песчаная стяжка	0,326	Линокром (битумно-полимерный)	0,396	0,699	0,058
		Техноэласт С ЭКС (битумно-полимерный)	0,419	0,924	0,077
		Эластокрон (битумно-полимерный)	0,383	0,561	0,046
		Logicroof V-GR (полимерный)	0,533	2,06	0,171
		Logicroof V-RP (полимерный)	0,574	2,47	0,206
		ECOPLAST V-RP Siberia (полимерный)	0,574	2,47	0,206

Окончание табл. 3

Вид покрытия	Деформации покрытия, см	Вид рулонного материала	Деформации покрытия при сплошной приклейке, см	Деформации покрытия при свободной укладке, см,	Деформации покрытия при механическом креплении (шаг 500 мм), см,
Металлическое основание	0,743	Линокром	0,617	0,699	0,058
		Техноэласт С ЭКС	0,64	0,924	0,077
		Эластокрон	0,604	0,561	0,046
		Logicroof V-GR	0,754	2,06	0,171
		Logicroof V-RP	0,795	2,47	0,206
		ECOPLAST V-RP Siberia	0,795	2,47	0,206
Цементно-стружечные плиты	0,257	Линокром	0,327	0,699	0,058
		Техноэласт С ЭКС	0,35	0,924	0,077
		Эластокрон	0,314	0,561	0,046
		Logicroof V-GR	0,463	2,06	0,171
		Logicroof V-RP	0,505	2,47	0,206
		ECOPLAST V-RP Siberia	0,505	2,47	0,206
Древесно-стружечные плиты	0,098	Линокром	0,168	0,699	0,058
		Техноэласт С ЭКС	0,19	0,924	0,077
		Эластокрон	0,154	0,561	0,046
		Logicroof V-GR	0,305	2,06	0,171
		Logicroof V-RP	0,346	2,47	0,206
		ECOPLAST V-RP Siberia	0,346	2,47	0,206

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что на основании покрытия кровли из профнастила или сэндвич панелей следует использовать более эластичные полимерные материалы, наиболее подходящий способ крепления – сплошная приклейка к основанию. При механическом креплении удлинение материала будет сдерживаться связями. Свободная укладка для такого материала недопустима на любом основании покрытия.

При устройстве на отличные от металлического основания покрытия можно использовать и битумно-полимерные материалы, которые намного экономичней полимерных.

Перед тем как выбирать рулонный материал для покрытия кровли необходимо рассчитать, как будет деформироваться этот материал при заданной температуре и закреплении материала на поверхности.

1. Воронин А.М., Кровли, армированные стекломатериалами (исследование условий работы при низких температурах) // Диссертация на соискание ученойстепени канд. техн. наук., М., 1968. – с. 1853.

2. Евсеева А.П.Исследование возможности использования рулонных кровельных материалов по стальным кровлям зданий / А. П. Евсеева // Материалы межрегиональной научной конференции X ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых: в 4 т: сб. тр. науч.-практич. конф. – Вологда: ВоГУ, 2016. – Т. 2. – С. 21-24.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Д.А. Каберов
Вологодский государственный университет
С.В. Быков
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Научный руководитель ***И.С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современных экономических условиях востребованы легкие металлические конструкции, имеющие высокую скорость монтажа, наименьшую трудоемкость изготовления и минимально возможный расход стали. Этим требованиям отвечают легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Они имеют широкий спектр применения в развитых странах, таких как США и Канада. С введением в действие 4 июня 2017 года СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов» [1] в России стало возможным применение ЛСТК в качестве несущих конструкций в гражданских и промышленных зданиях, тогда как ранее их использование было ограничено строениями малой этажности с пролетами менее 6 метров.

Целью работы является разработка новой конструкции легкой стальной тонкостенной балки покрытия составного сечения, перекрывающей пролет 6 м.

Задачи исследований:

- изучение конструктивных решений балок в существующих зарубежных и отечественных источниках;
- разработка вариантов сечений составных балок из ЛСТК;
- сравнительный анализ полученных результатов расчета;
- разработка рекомендаций по использованию.

Крупнейшим предприятием, выпускающим и применяющим в своей продукции легкий стальной тонкостенный профиль в Вологодской области, является АО «СКДМ». Основой для выбора материала и профилей послужил сортамент данного предприятия.

Для выполнения расчета выполнен сбор нагрузок. Определена нормативная и расчетная погонные нагрузки на балку покрытия пролетом 6 метров.

В качестве сечений для конструирования, расчета и сравнения выбраны составные сечения из легких стальных тонкостенных профилей из оцинкованной рулонной стали 08пс холодной группы штамповки, изготавливаемых и реализуемых АО «СКДМ», а также составное коробчатое сечение, в котором стенки выполнены из тонколистовых оцинкованных профилированных листов, а полки – из ЛСТК профилей.

Научной новизной является конструирование и расчет сечений балок, представленных на рисунке, по новой нормативной литературе [1]. Для сравнительного анализа с балками из ЛСТК рассматривается расчет и конструирование составного сечения перфорированной балки из двутавров по [2], распущенных по ломаной линии.

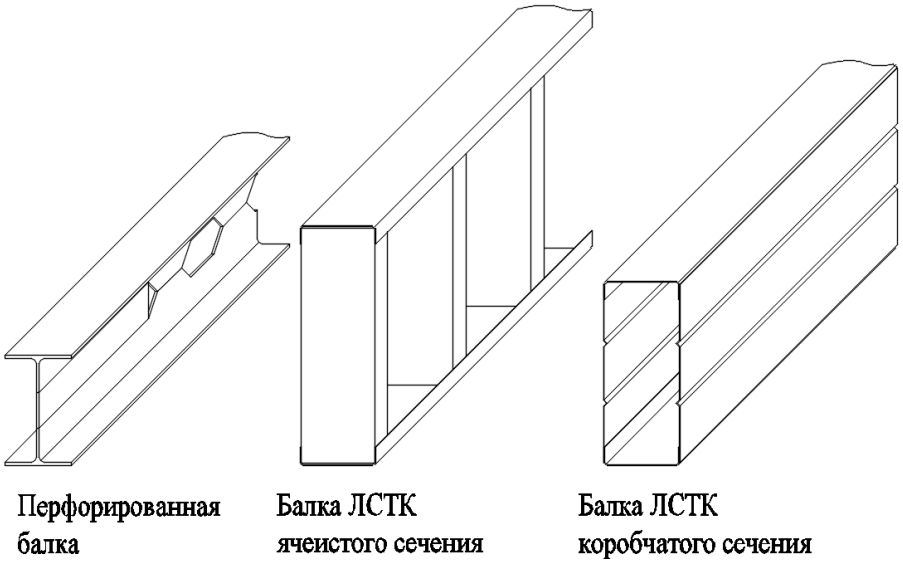


Рис. Сечения балок

Подбор высоты сечения определялся из условия жесткости.

Составная балка ячеистого сечения закомпонована из следующих элементов:

- профиль ПН 204х2– верхний и нижний пояс;
- профиль ПС 200х2 – стойки (аналогично фермам).

Составная балка коробчатого сечения закомпонована из следующих элементов:

- профиль ПН 204х2– верхний и нижний пояс;
- 2 тонкостенных гофрированных листа толщиной 2 мм с 2 продольными рёбрами жёсткости каждый, сечением 480х4 мм.

Перфорированная балка получена роспуском двутавра 26Ш1.

Геометрические характеристики сечений определялись с помощью программного комплекса SCAD«Конструктор сечений».

В ходе расчета составных балок из ЛСТК пролетом 6 м применялись редуцированные геометрические характеристики поперечного сечения. Основа редуцирования сечения – отбрасывание части сечения профиля ЛСТК[1].

Эффективная площадь элементов жёсткости профлиста определена по формулам п. 7.5.2 [1]

Согласно п. 7.7.3 [1] выполнена проверка расчетной несущей способности поперечного сечения по изгибающему моменту.

Выполнен расчет по второй группе предельных состояний (по прогибам), согласно [2]. Произведена проверка прогибов в SCAD.

На основании расчетов выполнен сравнительный анализ балок коробчатого, ячеистого сечения и перфорированной балки по трем показателям – эффективность использования материала, металлоемкость и стоимость. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице.

Таблица

Вид балки / Параметры	Балка ЛСТК коробчатого сечения	Балка ЛСТК ячеистого сечения	Перфорированная балка
Эффективность использования материала	0,75	0,97	0,28
Металлоемкость, кг	149,1	121,52	256,2
Расход стали на $м^2$ перекрытия, кг	8,28	6,75	14,23
Стоимость материалов, тыс. руб	9,000	7,366	6,118
Стоимость изготовления, тыс. руб	2,400	1,120	15,116
Строительная высота балки покрытия, м	0,5	0,65	0,3

Выводы:

- в балке ЛСТК ячеистого сечения эффективнее используется материал, при меньшем его расходе;

- перфорированная балка, выполненная из прокатного двутавра по стоимости материалов выгоднее балки коробчатого сечения, однако имеет ограни-

чения в изменении размеров, которые зависят от сортамента разрезаемых двутавров;

- в легких стальных тонкостенных балках можно изменять толщину профиля и профильного листа, что позволяет достигать наименьшего расхода стали и большей эффективности ее использования.

Расчеты и выполненное сравнение сечений балок благодаря появлению новой нормативной литературы [1] послужат внедрению ЛСТК в строительство.

1. СП 260.1325800.2016. Свод правил. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 03.12.2016 – Введ. 04.06.2017 – Москва: ЦНИИПСК им. Мельникова, 2016 – 116 с.

2. СП 16.13330.2017. Свод правил. Стальные конструкции: актуализированная редакция СНиП II-23-81*: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 27.02.2017 №126/пр. – Введ. 28.08.2017. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 148 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПЛЕКС ЖИЛЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Н.А. Кузнецова
Научный руководитель ***И.С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Современными задачами градостроительной политики являются грамотное планирование использования городских территорий и модернизация качества городской среды. Высотные здания позволяют повышать эффективность использования территории и обеспечивают высокую экономическую результативность. В настоящее время высотное строительство стало неотъемлемым элементом архитектурно-строительной культуры и модернизации крупнейших городов мира. При возведении высотных сооружений высокий уровень ответственности вызывает необходимость проводить ряд дополнительных мероприятий при проектировании, строительстве и эксплуатации. Действующие строительные нормы [1] не содержат достаточных рекомендаций по проектированию оригинальных по форме и крупногабаритных сооружений, а также, рекомендаций по проектированию комплекса высотных зданий. Также имеются отличия в расчетах ветровой нагрузки по сравнению с документами [2], [3]. Для каждого высотного сооружения требуется разработка специальных технических условий, что обуславливает удорожание строительства.

В данной работе рассмотрена проблема оценки ветровой нагрузки для комплекса высотных зданий. Грамотное компьютерное моделирование комплекса зданий позволит уменьшить расходы, благодаря снижению затрат при проектировании (испытание макетов в аэродинамических трубах весьма трудоемко и требует больших вложений денежных средств).

Актуальность данного вопроса обусловлена не совершенством норм, действующих на территории Российской Федерации. В существующих нормах не учитывается неоднородность воздушного потока по влажности, запыленности, температуре, нет рекомендаций по назначению аэродинамических коэффициентов для сложных по форме зданий и изменяющейся близлежащей застройки.

Ветровая нагрузка для многоэтажных зданий является наиболее существенной из временных нагрузок. Таким образом, моделирование и расчет ветровой нагрузки для комплекса зданий является целью исследования. При ветровых нагрузках возникают ускорения, вызванные ветровыми колебаниями, которые в свою очередь могут создавать неблагоприятные условия для длительного пребывания человека на верхних этажах здания. Для исключения этих условий на стадии разработки проекта необходимо выявить наличие таких зон. Задачи данной работы включают: мониторинг существующих отечественных и зарубежных методов расчета, изучение влияния ветровой нагрузки как на одиночное высотное здание, так и на комплекс зданий, в соответствии со стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской федерации от 1 декабря 2016 года № 642.

При исследовании форм зданий установлено, что здание с цилиндрической формой имеет преимущества перед восьмигранной формой [6]. В соответствии с [7] расстояния между жилыми зданиями, жилыми и общественными зданиями следует принимать в соответствии с градостроительными нормами Российской Федерации на основе расчетов инсоляции и освещенности, учета противопожарных требований и бытовых разрывов. Между длинными сторонами жилых зданий следует принимать расстояния (бытовые разрывы): для жилых зданий не менее 20 м; между длинными сторонами и торцами этих же зданий с окнами из жилых комнат не менее 10 м. Расположение зданий на местности представлено на рис. 1 и 2.

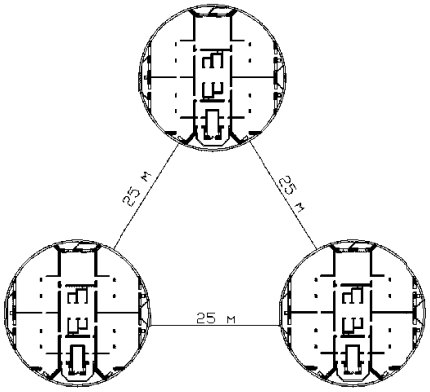


Рис. 1. Расположение зданий относительно друг друга (расстояние 25 м)

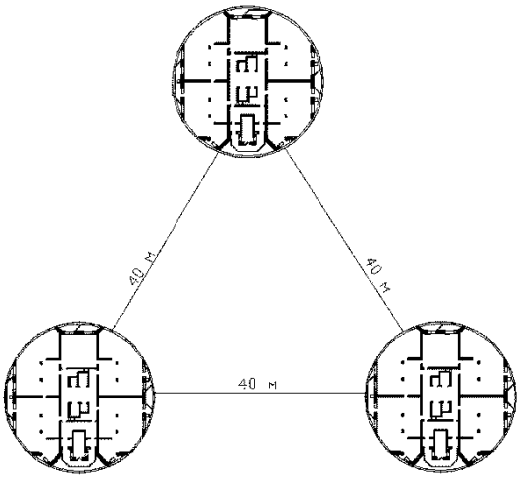


Рис. 2. Расположение зданий относительно друг друга (расстояние 40 м)

Здания имеют цилиндрическую форму в плане с размерами в осях 30х30м. Высота типовых 28 этажей принимается 3,5 м. Высота каждого здания 100м. Здания запроектированы в монолитном исполнении с продольными и поперечными несущими стенами из бетона класса В25, железобетонными колоннами из бетона класса В25 с шагом 5 м. Высокая пространственная жесткость многоячейковой системы, образованной перекрытиями, поперечными и продольными стенами, способствует перераспределению в ней усилий и уменьшению напряжений в отдельных элементах. Перекрытия монолитные толщиной 160 мм. Тип местности – городские территории. Нормативное давление ветра для г. Москва 0,23 кПа.

Задача решается с помощью метода конечных элементов. Перемещения узлов принимаются в качестве обобщенных координат. Через эти координаты выражаются перемещения внутренних точек КЭ с помощью интерполяционных функций. В зависимости от граничных условий КЭ в узлах определяются функции формы, связывающие перемещения внутренних точек с узловыми перемещениями. В итоге характеристики всего сооружения определяются через характеристики отдельных конечных элементов (матрица жесткости, масс). Для преобразования нагрузки в массы определяются направления, в которых массы активны, число статических нагрузок и направления нагрузок, которые учитываются во время преобразования. Характер нагрузки автоматически преобразуются в фиктивные массы с помощью программного комплекса.

Выполнен модальный расчет, определяющий собственные значения и производные значения (собственные пульсации, собственные частоты или собственные периоды), точность, собственные вектора, коэффициенты согласования и согласованные массы для задач собственных колебаний конструкции. Для расчета поведения конструкции во времени, позволяющего определить реакцию конструкции на определенное воздействие нагрузки в заданные моменты времени необходимо найти решение уравнения относительно переменных, зависящих от времени t.

Анализ колебаний ведется для первых двух форм, так как у последующих форм частота выше предельной 0,85 Гц и их влияние в соответствии с [1] допускается не учитывать. Наибольшие горизонтальные перемещения возникают в отдельно стоящем здании и составляют 14,64 см. Для здания в застройке перемещения составляют 9,28 см с расстоянием относительно друг друга 25м и 12,80 см с расстоянием 40 м. По нормам [1] максимальное горизонтальное перемещение не должно превышать 20 см, соответственно перемещения являются удовлетворительными. Частоты колебаний и ускорения сведены в таблицу.

Таблица

Частоты, максимальные ускорения отдельно стоящего здания и комплекса зданий

Частоты колебаний, Гц						Ускорения, м/с^2					
Отдельно стоящее здание		Комплекс зданий (расстояние 25 м)		Комплекс зданий (расстояние 40 м)		Отдельно стоящее здание		Комплекс зданий (расстояние 25 м)		Комплекс зданий (расстояние 40 м)	
1 форма колебаний	2 форма колебаний	1 форма колебаний	2 форма колебаний	1 форма колебаний	2 форма колебаний	1 форма колебаний	2 форма колебаний	1 форма колебаний	2 форма колебаний	1 форма колебаний	2 форма колебаний
0.27	0.30	0,31	0,33	0,28	0,31	0.075	0.057	0,059	0,053	0.070	0.055

В результате исследования установлено, что ветровая нагрузка уменьшается для комплекса зданий, по сравнению с отдельно стоящим зданием и зависит от расположения зданий относительно друг друга. Это выражается в частотах, максимальных перемещениях и ускорениях. Перемещения отдельно стоящего здания выше на 36,1%(расстояние между зданиями 25 м) и на 12,6% (расстояние между зданиями 40 м), по сравнению со зданием в застройке, ускорения на 21,3%(расстояние между зданиями 25 м) и на 6,7% (расстояние между зданиями 40 м).

1. Нагрузки и воздействия: СП 20-13330-2016. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Электронный ресурс]: введ. 04.06.2017 //Техэксперт: инф.-справ. Система /Консорциум «Кодекс».

2. Еврокод 1 ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия. ТКП EN 1991-1-4-2009. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь Минск 2010.

3. MinimumDesignLoadsforBuildingsandOtherStructures [Текст]. American Society of Civil Engineers, ASCE Standard 7-98.

4. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования: СП 267.1325800.2016. Свод правил. [Электронный ресурс]: приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. N 1032/пр и введен в действие с 1 июля 2017 г.: введ. 01.07.2017 //Техэксперт: инф.-справ. Система / Консорциум «Кодекс».

5. Э. Симиу, Р. Сканлан., Воздействие ветра на здания и сооружения Перевод с английского Б. Е. Маслова, А. В. Швецовой; Под редакцией канд. техн. наук Б. Е. Маслова. – Москва :Стройиздат, 1984. – 360 с., ил. – Перевод изд.: WindEffectsonStructures / E. Simiu, R. Scanlan (1978).

6. И.С. Казакова, Н.А. Сверчкова., Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы городского строительства», «К исследованию расчета высотных зданий». 27-28 января 2017 г., г. Пенза. Издательство ПГУАС – 476 с.

7. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Поправкой) [Электронный ресурс]: утв. Мин-вом регионального развития РФ 28.12.2010: введ. 20.05.2011 // Техэксперт: инф.-справ. Система / Консорциум «Кодекс».

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КЛЕЕМЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Г.А. Полюшкин

Научный руководитель ***В.М. Механиков,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Клеемеханические соединения – это соединения клеевые с гвоздевой запрессовкой, в которых главную работу на сдвиг выполняет клей, а гвозди, как нагели, работающие на изгиб при сдвиге в соединении, включаются в аварийную работу при отказе – разрушении клея.

Применение клеемеханических соединений построечного изготовления вызвано:

– отсутствием индустриальной базы (отсутствие спроса на серийные конструкции);

– малыми объемами промышленного производства и значительной удаленностью его от мест строительства;

– большим разбросом размеров – длин балок и малыми объемы промышленного изготовления;

– повышением требований заказчика: по комфорту, теплотехнике, отделке;

– необходимостью применения местных строительных материалов: древесины - пиломатериалов наиболее распространенных сечений 50х150 (100, 175);

Цель работы: исследование современных клеев для применения в клеемеханических соединениях в малопролетных балках построечного изготовление и разработка технологии сушки древесины.

Задачи работы:

- выбор пиломатериалов, вопрос сушки древесины;
- выбор клея, сравнение основных параметров клеев;
- систематизация и анализ полученной информации.

Для изготовления двутавра применяются пиломатериалы 2 сорта хвойных пород (ель или сосна). Основные сечения двутавровых балок приведены на рисунке.

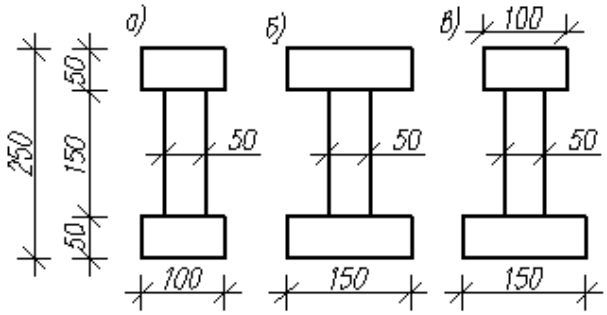


Рис. Сечения двутавровых балок построечного изготовления (а, б, в)

Влажность древесины должна достигать 8-12%, поэтому применяется сушка пиломатериалов. Сушка пиломатериалов является одной из основных операций технологического процесса изготовления клееных конструкций, и в значительной мере определяет их эксплуатационную прочность. Основными способами сушки пиломатериалов являются атмосферная и камерная [3].

Атмосферная сушка осуществляется на открытом воздухе. Доски укладывают в штабели на подкладки, предохраняющие от замачивания грунтовой влагой. Прокладки между рядами досок создают зазоры, обеспечивающие проветривание штабеля. Для предохранения от атмосферной влаги сверху устраивают навес. Для равномерного высушивания всех слоев доски в штабеле периодически перекладывают.

При атмосферной сушке древесина достигает влажности около 20% в зависимости от месяца укладки (весенний период: 43-51 день; июнь, июль: 25-43 дня; август, сентябрь: 43-51 день при толщине пиломатериалов 32-50мм) пиломатериалов для сушки, тогда как рекомендуется сушить до 8…12% [1].

Таким образом, пиломатериалы, предназначенные для изготовления несущих конструкций, рекомендуется сушить комбинированным способом, включающим предварительную атмосферную сушку до влажности около 20% и камерную сушку до влажности 8…12%.

Выбор клея для деревянной двутавровой балки, которая будет воспринимать значительные нагрузки, являясь несущим элементом, ответственная задача.

По водостойкости клеи выделяют несколько классов: D3 – для применения внутри помещения, D4 – для применения в подвальных перекрытиях, обладает повышенной водостойкостью. По экологической безопасности международный стандарт устанавливает три группы: E1, E2, E3[2].

При склеивании составных деревянных балок применяются следующие основные виды клеев:

1) полиуретановый;
2) меламин-карбид-формальдегидный;
3) эмпульсионный полимеризоцианатный;
4) резорциновый;
5) поливинилацетатный клей.

Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Сравним по основным параметрам каждый вид клея. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Некоторые виды клеев для клеемеханических соединений

Параметры	Вид клея					
	Полиуретановый (ПУ)		Меламин-карбамид-формальдегидный (МКФ)	Эмульсионный полимеризоцианатный (ЭПИ)	Поливинилацетатный (ПВА)	
Внешний вид	Светло-коричневая жидкость		Молочно-белая жидкость		Белая жидкость	
Отвердитель	без отвердителя	+	+	+	без отвердителя	+
Класс водостойкости	D3	D4	D4	D4	D3	D4
Расход, г/м^2	150÷450	150-450	300÷450	250÷400	150÷300	150-300
Мин. темпра испол-я, $^\circ$C	5	5	10	5 или 10	10	10
Средняя стоимость, г/ м^2	72-216	108-324	141-212	197-316	54-108	102-204
Влажность древесины	8-15%	8-15%	8-12%	8-15%	8-15%	8-15%

По клеящим способностям особых различий нет. По экологичности первое место занимает ЭПИ клей, но его цена на 20% выше, чем у остальных. Меламин-карбамид-формальдегидный и резорциновый клеи не проходят по условиям экологичности, их не рекомендуется применять в жилых зданиях из-за содержания формальдегида

Из таблицы следует, что наиболее подходящими являются клеи ПВА и полиуретановые клеи.

Выводы:

1. Пиломатериалы, предназначенные для изготовления несущих конструкций, рекомендуется сушить комбинированным способом, включающим предварительную атмосферную сушку до влажности около 20% и камерную сушку до влажности 8…12%.

2. Наиболее подходящими с точки зрения безопасности и экономичности являются ПВА и полиуретановые клеи.

1. Свод правил: СП 64.13330.2016. Деревянные конструкции: актуал. редакция СНиП II-25-80 – М: 2016. – 103 с.

2. Европейский стандарт: EN 204. Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса. Брюссель. 2001. – 14 с.

3. В.А. Иванов, В. З. Клименко. Конструкции из дерева и пластмасс / Иванов В. А., Клименко В.З. – Киев: Вища школа, 1983. – 279 с.

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕСУЩЕЙ И ДЕФОРМАТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ

А.Ю. Резниченко, А.С. Васильев

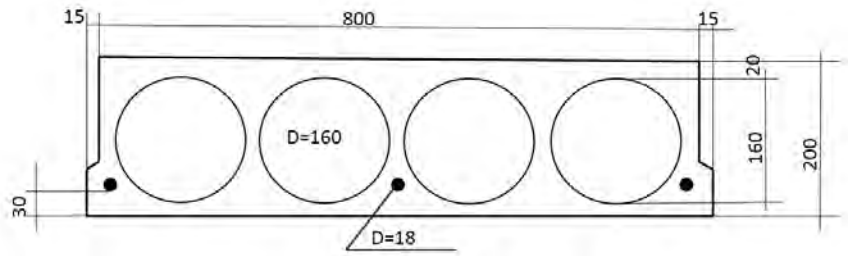
Научный руководитель ***А.С. Васильев,*** *канд. техн. наук, старший преподаватель*

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

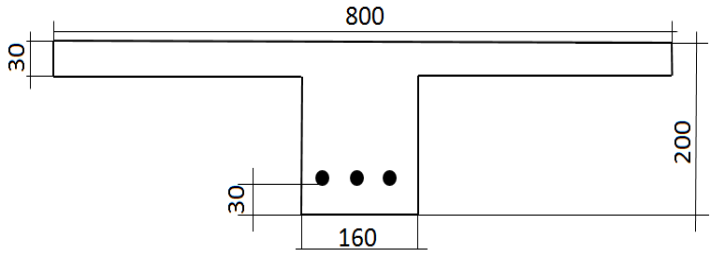
г. Биробиджан

Сопоставление численных и аналитических результатов расчета прогибов для плиты не усиленной, а также плиты усиленной наращением сечения 50 мм, приведенной к форме тавра.

Аналитически и численно рассчитана пустотная плита в плане имеющая следующие геометрические характеристики: номинальные размеры плиты в плане b’fxL, b’f – ширена плиты, L – длина плиты, 0,8х4 м; высота h=200 мм; бетон тяжелый, подвергнутый тепловой обработке, класса В25 (Rb =14,5МПа); рабочая продольная арматура стержневая 3 диаметром 18 мм А-400 (Rs = 365МПа). Геометрические характеристики показаны на рис. 1. В расчетах плита всегда представляется в форме тавра, как это показано на рис. 1б.



а



б

Рис. 1. Сечения пустотной железобетонной плиты без усиления представленные: в естественной форме; а - в естественной форме; б - в форме тавра

Рассматриваемая балка опертая на шарнирных опорах показана на рисунке 2 Распределенная нагрузка находится по формуле 6.

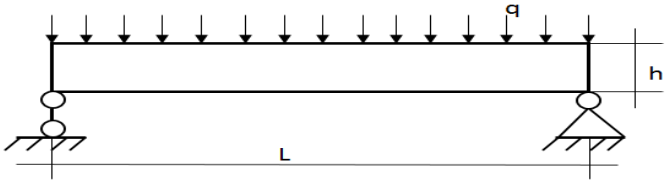


Рис. 2. Балка опертая на шарниры

Аналитический метод расчета [3]:

Определяем несущую способность нормального сечения плиты. Рабочая высота сечения плиты определяется по (формуле 1)h_0, мм :

$$h_0 = h - a = 200 - 39 = 161, \quad (1)$$

где a – защитный слой бетона.

Находим положение нейтральной оси из условия (1), кНм:

$$R_s \cdot A_s \leq R_b \cdot h_f^{'}, \quad (1)$$

где As – площадь поперечного сечения арматуры;

Rs – расчетное сопротивление стали;

Rb – расчетное сопротивление бетона;

h’f – высота полки, показана на рисунке 1б.

$$365 \cdot 10^3 \cdot 763 \cdot 10^{-6} = 278{,}49 \leq 14{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}030 = 348 .$$

Условие (1) выполняется, нейтральная ось находится в полке.

Определяем высоту сжатой зоны сечения используя (формулу 2)x, мм:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_f^{'}} = \frac{365 \cdot 763}{14{,}5 \cdot 800} = 24{,}0. \quad (2)$$

Относительная высота сжатой зоны сечения определяется (по формуле 3):

$$\xi = \frac{24}{161} = 0{,}149. \quad (3)$$

Коэффициент ξ_R определяется (по формуле 4):

$$\xi_R = \frac{0{,}8}{1+\frac{365}{700}} = 0{,}525. \quad (4)$$

Выполняется условие (2):

$$\xi = 0{,}154 < \xi_R = 0{,}525. \quad (2)$$

Изгибающий момент, показывающий несущую способность нормального сечения, определяется (по формуле 5) М, кНм:

$$M = 0{,}138 \cdot 14{,}5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}161^2 = 41{,}4, \quad (5)$$

Определяем распределенную нагрузку (по формуле 6), показанной на рис. 2, q, кН/м:

$$q = \frac{M \cdot 8}{l^2} = \frac{41{,}4 \cdot 8}{4^2} = 20{,}7 \quad (6)$$

Определение кривизны для изгибаемых элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений, эксплуатируемых при влажности воздуха окружающей среды выше 40%, кривизну на участках с трещинами допускается определять (по формуле 7) $\frac{1}{r}$, 1/мм:

$$\frac{1}{r} = \frac{M - \varphi_2 \cdot b \cdot h^2 \cdot R_{bt,ser}}{\varphi_1 \cdot E_b \cdot A_s \cdot h_0^2} = \frac{43{,}3 \cdot 10^6 - 0{,}16 \cdot 800 \cdot 200^2 \cdot 1{,}55}{0{,}48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 763 \cdot 173^2} = 1{,}76 \cdot 10^{-5}, \quad (7)$$

где φ_1 – коэффициент (табл. 4.5 [3]);

φ_2 – коэффициент при непродолжительном действие нагрузки (табл. 4.6 [3]);

Определение прогиба (по формуле 8) *f*, мм:

$$f = S \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r} = \frac{5}{48} \cdot 4000^2 \cdot 1{,}61 \cdot 10^{-5} = 29{,}4\,, \quad (8)$$

где S – коэффициент зависящий от расчетной схемы балки на 2-х шарнирных опорах для равномерно распределенной нагрузки S=5/48;

Проектирование плит выполнялось в модуле программы ANSYSDesign-Modeller. Затем осуществлялся расчет в ANSYSWorkbench, а именно ANSYSMechanical.Также по краям были смоделированы опоры, на которых держится плита. Конечно-элементная сетка использовала КЭ в форме гексаэдра с максимальным размером 20 мм, показана на рисунке 3.б, а на рисунке 3.а показан прогиб плиты представленной в форме тавра[1], [2].

а б

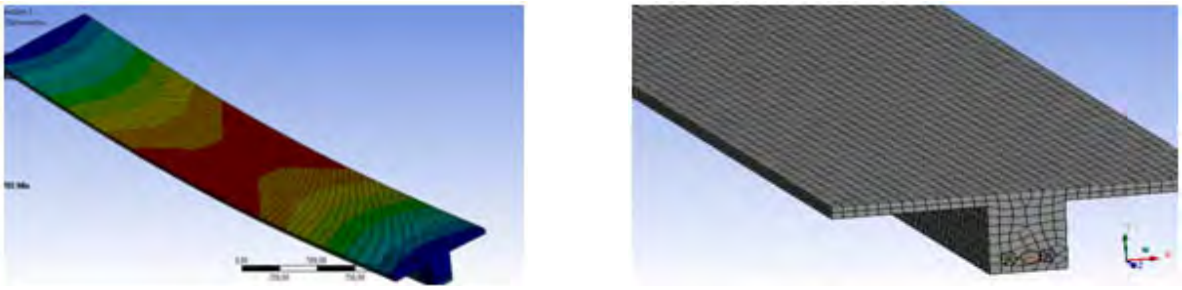


Рис. 3. Плита без усиления в ПК ANSYS: а – прогиб плиты без усиления; б – конечно-элементная сетка плиты в форме тавра

Схема для аналитического расчета плиты усиленной наращением сечения 50 мм представлена на рис. 4 [4]:

а

б

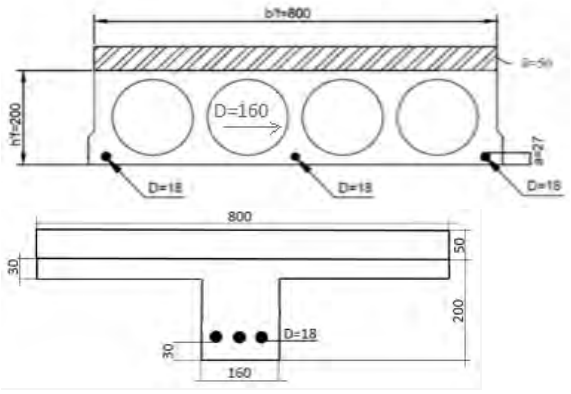


Рис. 4. К расчету усиления нормального сечения плиты способом наращивания сечения: а – в естественной форме; б – в форме тавра

Результаты прогибов пустотной железобетонной плиты без усиления, а также с усилением наращения сечения 50 мм, смоделированной в форме тавра в программном комплексе ANSYS сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Прогибы рассматриваемых плит

Рассматриваемые плиты	Численный расчет в ANSYS плиты в форме тавра, прогиб f, мм	Аналитический расчет плиты в форме тавра, прогиб f, мм
Плита без усиления, при разрушающей нагрузке q=20,7кН/м;	28,25	29,41
Плита усиленная наращением в 50 мм, при разрушающей нагрузке q=25кН/м;	21,98	24,32

Таблица 2

Отклонение расчета для исследуемых плит

Рассматриваемые плиты	Отклонения расчета прогибов для плиты рассчитанной аналитическим методом от расчета численного выполненного в ANSYS, %
Плита без усиления, при разрушающей нагрузке q=20,7кН/м;	3,9
Плита усиленная наращением в 50 мм, при разрушающей нагрузке q=25 кН/м;	9,6

В таблице 2 приведены отклонения расчета прогибов для плиты рассчитанной аналитическим методом от расчета численного выполненного в ПКANSYS. За эталон взята плита, рассчитанная аналитическим способом. Разрушающая нагрузка получена аналитически и соответствует требованиям научной документации [3]. Отклонения отличны друг от друга.

Исследование несущей и деформативной способности железобетонных пустотных плит показало, что численный и аналитический метод расчета близки, но все же имеют отклонение в расчетах для плиты без усиления 3,9%, а для плиты усиленной наращением сечения отклонение расчета составляет 9,6%. Значение прогиба при аналитическом расчете больше, чем при численном расчете в обоих рассмотренных случаях.

1. Васильев А.С. Разработка алгоритмов численного исследования конструкций из неоднородной среды методом конечных элементов / А.С.Васильев, Н. А. Тарануха// Вестник приамурского государственного университета им. Шолом-алейхема. – 2016. – № 1 (22). – С. 78-88.

2. Васильев А.С. Численное исследование предельной несущей способности конструкций из композитных материалов / Н. А. Тарануха., А. С. Васильев // Морские интеллектуальные технологии, № 3 (29) Т. 2 2015 «Кораблестроение, информатика, вычислительная техника и управление». – Санкт-Петербург: НИЦ «МОРИНТЕХ». – 2015. – С. 27-32.

3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) [Текст]. Изд-во: Москва, 2005.

4. Рекомендации по усилению и ремонту строительных конструкций инженерных сооружений [Текст]. Введ. 01.01.1997. -актуал.01.02.2017. – ЦНИИпромзданий № 1997.

ИСПЫТАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ

Н.Е. Шагин, О.Р. Петрушина, А.В. Прохоров
Научный руководитель ***Н.В. Савина,*** *старший преподаватель*
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
г. Нижний Новгород

Целью данной работы является испытание и дальнейшая возможность применения наружной трехслойной стеновой панели марки НСт 2 в серийном производстве. Испытание натурного образца панели проводилось летом 2017 г.

Контрольные испытания трехслойной стеновой панели заводского изготовления на сдвиг наружного бетонного слоя по отношению к внутреннему слою должны выполняться с целью проверки изделий на соответствие требуемым показателям их прочности, жесткости и трещиностойкости, предусмотренным в проектной документации на эти изделия. В результате испытаний должны определяться фактические значения разрушающих (контрольных) нагрузок при испытаниях панелей на сдвиг слоев (первая группа предельных состояний) и фактические значения вертикальных перемещений сло-

ев относительно друг друга при контрольной нагрузке. Задачами испытания являлись:

- определение разрушающей сдвигающей нагрузки;
- определение несущей способности на сдвиг гибких связей;
- оценка конструкции гибких связей и схемы их размещения в панелях;
- определение величины вертикальных перемещений (сдвига) слоев относительно друг друга.

Таблица 1

Основные характеристики трёхслойной стеновой панели

Марка панели	ДАТА		Геометрические размеры b×h×δ, мм	Толщина внутр. слоя, мм	Толщина утеплит., мм	Толщина наружн. слоя, мм	*Масса, Т*			Класс бетона
	изготовления	испытания					Наружного слоя	Внутреннего слоя	Общая	
Образец 1 НСт 2	06.03.17	12.04.17	3580×2760 ×310	80	150	80	1,56	1,36	2.98	B25/B20

Конструкция трехслойных стеновых панелей разработана в ООО «СинапсПлюс». Согласно паспорту на наружную трехслойную стеновую панель марки НСт 2 она имеет следующие характеристики, приведенные в таблице 1. В знаменателе приведен класс бетона внутреннего слоя. Соединение наружного и внутреннего бетонных слоёв панели производится с помощью гибких связей. Испытание панели производилось на специальном стенде.

Методика проведения испытаний трехслойных стеновых панелей на сдвиг слоев.

Испытание трехслойной стеновой панели марки НСт 2 проводилось согласно ГОСТ8829-94 «Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости».

Для трёхслойных стеновых панелей с гибкими связями высотой «на этаж» вертикальные нагрузки, вызывающие взаимный сдвиг наружного и внутреннего бетонных слоёв, являются одним из основных силовых воздействий.

В период эксплуатации на систему гибких связей передаются вертикальные усилия от веса наружного слоя панели, при этом связи должны воспринимать сдвигающие усилия, препятствуя смещению наружного слоя.

Теоретическая расчетная сдвигающая нагрузка для трехслойных панелей с гибкими связями, по приведённым выше условиям, определяется по максимальному воздействию, предусмотренных нормами:

- динамического воздействия с учётом коэффициента γ_f = 1,6 для веса внутреннего слоя ;

- динамического воздействия с учётом коэффициента γ_f = 1,6 для веса наружного слоя ;

- воздействие от динамического пригруза панелью вышележащего этажа:

(γ_f = 1.6) от статического воздействия;

(γ_f = 1.1) от собственного веса наружного слоя;

- статическое воздействие в эксплуатационной стадии от собственного веса наружного слоя.

Для панели марки НСт 2 теоретические величины сдвигающих усилия определялись для четырех возможных схем нагружения:

- от динамического воздействия веса внутреннего слоя:

$F^{дин}_{1\ вн.сл.}$ = 1,36 × 1.6 = 2,176 тс = 21,76кН;

- от динамического воздействия веса наружного слоя:

$F^{стат.}_{3}$ = 1,56 × 1.6 = 2,496 тс = 24,96кН;

- от динамического воздействия веса панели вышележащего этажа и статического нагружения собственным весом наружного слоя:

$F^{дин}_{2\ приг.}$ = 2,98 × 1.6 + 1,56 × 1.1 = 6,484 тс = 64,84кН;

- от статического воздействия в эксплуатационной стадии от веса наружного слоя:

$F^{стат.}_{3}$ = 1,56 × 1.1 = 1,716тс = 17,16кН.

За теоретическую расчетную сдвигающую нагрузку для панели марки НСт 2 принималась большая из четырех значений – 6,484 тс (64,84кН).

Контрольная нагрузка по проверке на сдвиг слоев определялась умножением теоретической расчетной сдвигающей нагрузки на коэффициент безопасности, принимаемый согласно ГОСТ31310-2015 «Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем» и равным двум. Величина максимального смещения наружного слоя относительно внутреннего слоя при двойной расчетной нагрузке на наружный слой, включая его собственный вес, не должно превышать 2 мм. Значения контрольных нагрузок приведены в таблице 2.

Таблица 2

Контрольные значения сдвигающих нагрузок и смещений слоев

Расчетная сдвигающая нагрузка, кН (тс)	**Контрольная нагрузка по проверке на сдвиг наружного слоя относительно внутреннего слоя, кН (тс)**	**Контрольное значение максимального вертикального смещения наружного слоя относительно внутреннего слоя, мм (п.9.1.1** ГОСТ31310-2015)
64,84 (6,484)	129,68 (12,968)	2,0

Была подготовлена программа испытания, включающая следующие положения:

- определена величина контрольной нагрузки по проверке на сдвиг наружного и внутреннего слоев относительно друг друга,

- определена величина контрольного значения максимального вертикального перемещения слоев друг относительно друга при контрольном значении сдвигающей нагрузки,

- разработана схема и этапы нагружения трехслойной стеновой панели марки НСт 2.

Для испытания натурного образца трехслойной стеновой панели был подготовлен специальный стенд. Образец панели устанавливался в стенд горизонтально. Внутренний слой панели опирался на два электронных тензорезисторных датчика ТВЭУ-200, которые, в свою очередь, опирались на жесткую траверсу стенда. Наружный слой был свободен и мог перемещаться по отношению внутреннего слоя. Сдвигающая нагрузка прикладывалась на простенки наружного слоя панели через металлические уголки ∟125×8 с помощью двух гидравлических домкратов ДГА100П150. Суммарная величина прикладываемой дократами сдвигающей нагрузки контролировалась с помощью монометра «Nuova Fima» класса точности 0,02. Величина нагрузки, передаваемая гибкими связями с наружного слоя панели на внутренний слой, измерялась элекиронными тензорезисторными датчиками ТВЭУ-200 с точностью 100кг. Перемещения наружного и внутреннего слоев относительно друг друга измерялись индикаторами часового типа с точностью до 0.01мм.

Ступень нагрузки на панель принималась равной 1/10 – 1/15 от величины контрольной нагрузки по проверке на сдвиг. Отсчеты по приборам снимались на каждом этапе сразу после загружения и после выдержки в течение 15 минут.

При испытании панели величина суммарной сдвигающей нагрузки от двух домкратов была доведена до 15тс, что в 2,3 раза превышающей расчетную сдвигающую нагрузку, равную 6,484тс. При сдвигающей нагрузке равной 15,0тс деформации сдвига составили 0,76мм, что в 2,6 раза меньше максимального смещения, равного 2,0мм, установленного ГОСТ31310-2015.

Выводы по результатам испытания наружной трёхслойной стеновой панелий марки НСт 2.

1. Опытная величина деформаций сдвига при контрольной нагрузки по проверке на сдвиг слоев равна 0,648 мм, что значительно меньше контрольного значения максимального вертикального смещения установленного ГОСТ31310-2015, равного 2,0 мм.

2. Принятая схема армирования гибкими связями типовых трехслойных стеновых панелей марки НСт 2 достаточна для восприятия на сдвиг проектных нагрузок и может быть рекомендована для серийного производства панелей с гибкими связями.

Таблица 3

Опытные значения деформации вертикального смещения (сдвига) слоев в зависимости от величины нагрузки

Номер ступени нагружения	Величина сдвигающей нагрузки, (тс)	Деформации вертикального смещения (сдвига) слоев, мм
1	1,0	0,12
2	2,0	0,18
3	3,0	0,22
4	4,0	0,27
5	5,0	0,31
6	6,0	0,36
7	7,0	0,4
8	8,0	0,44
9	9,0	0,48
10	10,0	0,52
11	11,0	0,57
12	12,0	0,61
13	13,0	0,65
14	14,0	0,69
15	15,0	0,76

1. ГОСТ 8829-94 «Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости»

2. ГОСТ31310-2015 «Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем»

Секция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХОСТЕЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Д.А. Богданова
Научный руководитель ***И.С. Казакова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одним из экономичных способов размещения туристов в исторических городах является заселение их в хостелы. Это наиболее востребованные в туристических зонах недорогие места для временного пребывания людей.

В странах Западной Европы количество хостелов для остановки небогатых людей, любящих путешествовать, составляет 60% от общего количества всех отелей. В России по статистике за последний год спрос на хостелы вырос на 100%, а предложение – на 45%.

В связи с особой привлекательностью г. Вологды и Вологодской области – души русского Севера с неповторимыми памятниками деревянной архитектуры, храмами, кружевом, резным палисадом и всемирно известным маслом, приезжает большое количество туристов, среди которых много пенсионеров и студентов, имеющих небольшие доходы. Однако в настоящее время количества хостелов в Вологде не хватает. На сегодняшний день 12 хостелов, 6 из которых удалены от центра города, что не очень удобно для туристов.

В работе предлагается решение этой проблемы путем реконструкции существующего жилого фонда и реконструкции гостиниц, не отвечающих современным требованиям и имеющих большой моральный износ.

По определению, хостел предназначен для малобюджетного туризма. В номерах хостела должна находиться одно-двух ярусная кровать, прикроватная тумбочка, шкафчик/сейф на замке для хранения личных вещей, но не предусмотрены удобства (санузел располагается в коридоре). По нормам обязательна общая кухня, оборудованная техникой для самостоятельного приготовления пищи.

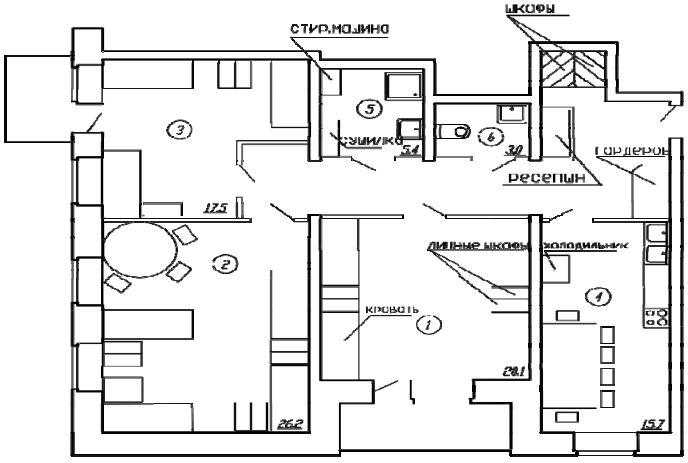
В хостелах (более 25 проживающих) может предусматриваться зона для общения, встреч и отдыха постояльцев. Такие зоны расположены недалеко от холла, чтобы удобно было приходить из комнат и не мешать тем людям, которые уже отдыхают.

В работе рассматривается использование для хостелов пустующих квартир, находящихся в старом жилом фонде. Предложены варианты перепланировки этих квартир под хостелы.

Рассматривается несколько вариантов планировочных решений 2-х и 3-х комнатных квартир с превращением их в мини-хостелы. Варианты переустройства квартир представлены на рис. 1, 2.

В первой квартире на рис. 1 имеется кухня площадью 15.0 м^2, 3 комнаты общей площадью 64.0 м^2, где возможно размещение 15 человек. В первой комнате, площадью 20 м^2 по нормам может разместиться 4 одноярусные кровати, во второй, площадью 26 м^2 – 4 двухъярусные кровати и в третьей комнате, площадью 17,5 м^2 – 3 одноярусные кровати.

Во второй квартире на рис. 2 также есть кухня площадью 7.4 м^2 и 2 комнаты общей площадью 26.4 м^2, в которых можно расположить 10 человек.

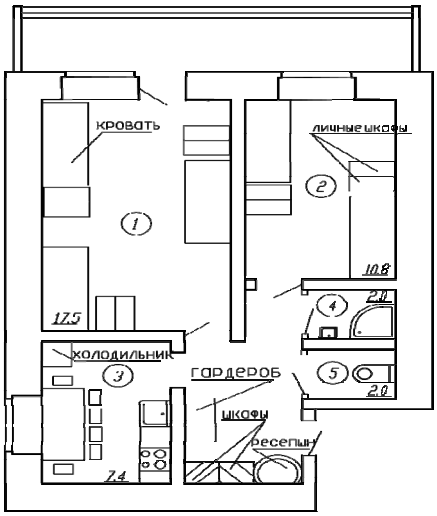


Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь
1,2,3	комнаты	20.1,26.2, 17.5
4	кухня	15.7
5	ванная	5.4
6	сан. узел	3.0

Рис. 1. Планировка квартиры для мини-хостела

В первой комнате, площадью 17,5 м^2 , размещается 3 двухъярусные кровати, во второй комнате, площадь которой равна 10,8 м^2, может разместиться 2 двухъярусные кровати.



Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь
1,2	комнаты	17.5,10.8
3	кухня	7.4
4	ванная	2.0
5	сан. узел	2.0

Рис. 2. Планировка квартиры для мини-хостела

Существует много различных планировок, которые можно преобразовать под хостел (рис. 3), (рис. 4)

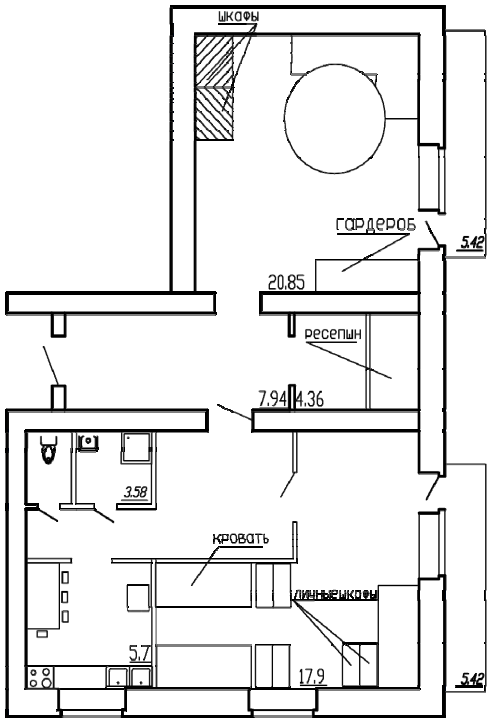


Рис.3.Пример планировки квартиры под хостел

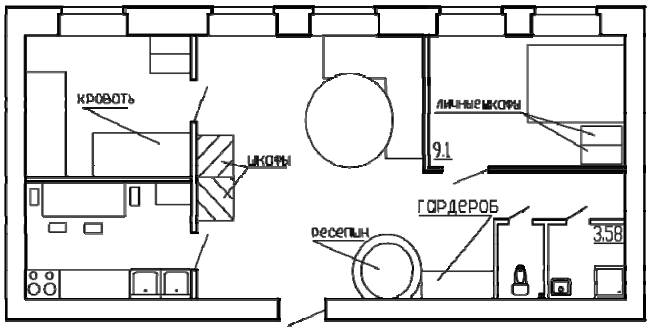


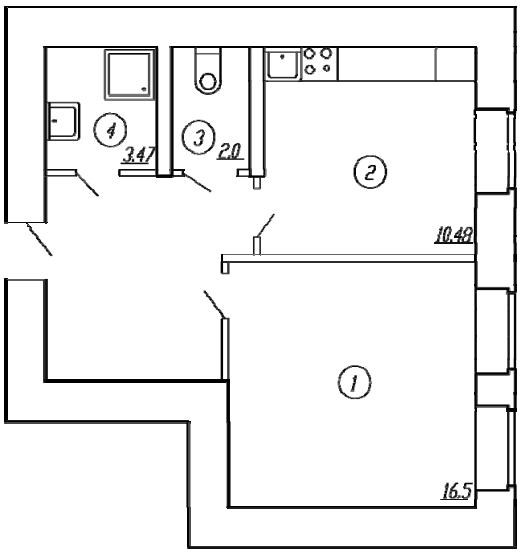
Рис.4.Пример планировки квартиры под хостел

По нормам проектирования хостелов площадь жилой комнаты, учитывая площадь под кроватью, должна быть не менее 4 м^2, высота – не менее 2.5 м. Расстояние от верхней кровати до потолка должно быть не менее 75 см (при использовании двухъярусной кровати). Высота вестибюля и проходов между комнатами должна быть не менее 2.1 м. Площадь совмещенного санузла – не менее 1.0 м^2, раздельного – не менее 1.5 м^2 со свободным открыванием двери. Установлено, что в каждой из квартир эти требования соблюдаются.

В многоквартирных домах могут быть только малые и мини хостелы, т.е. до 25 проживающих, в зависимости от размеров квартиры. Такие хостелы могут иметь вход через общий подъезд дома и занимать одну или несколько квартир соответственно, на одном или нескольких этажах. На фасаде здания устраивается вывеска о наличии хостела. Правила проживания в хостелах аналогичны правилам проживания в жилых домах.

Однако не все квартиры подходят для размещения в ней хостела. На рис. 3 приводится планировочное решение 1 комнатной квартиры площадью 38 м^2 с площадью жилой комнаты 16.85 м^2 и кухней площадью 10.48 м^2. Недостатками такой квартиры при превращении ее в хостел является: во-первых, малая площадь комнаты и возможность размещения максимум 10 человек, во-вторых, недостаточно места для ресепшна, гардероба и шкафов для размещения постельного белья, полотенец и инвентаря для уборки (рис. 5). На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что при превращении

квартир в многоквартирных домах старой застройки в хостелы для этой цели подходят квартиры с количеством комнат не менее двух.



Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь
1	КОМНАТА	16.5
2	КУХНЯ	10.4
4	ВАННАЯ	3.47
5	САН. УЗЕЛ	2.0

Рис. 5. Планировка квартиры

Вторым способом получения дополнительных мест в хостелах может быть реконструкция существующих гостиниц или изменение назначения малоэтажных гражданских зданий с превращением их в хостелы. В работе рассматривается реконструкция морально устаревшей гостиницы под хостел, а именно пристройка новых объемов к существующему зданию.

Важное требование при реконструкции хостелов в отдельном здании – создание условий для временного проживания людей с ограниченными возможностями с устройством жилых комнат и санитарно-гигиенических помещений на первых этажах хостела и входом с оборудованными пандусами.

Для эффективности работы хостела актуально: месторасположение хостела (насколько близко к центру города), количество и качество услуг, дизайн комнат и самого хостела (например, один хостел посвящен тематике сериалов, другой-мультфильмам, третий – арт-хостел), наличие комнаты на 2 человека, как отдельный номер.

В хостеле предоставляются: приборы для небольшого ремонта одежды, аптечка, интернет, теле-радио вещание в зоне для общения, информация о экскурсиях, смена постельного белья и полотенец, уборка жилых помещений и санузлов.

В России хостелы набирают популярность у туристов, поэтому предприниматели и риэлтерские кампании могут открывать такие заведения. Для достойного уровня нужно нанять дружелюбных, общительных администраторов и несколько людей на ресепшн, которые всегда смогут помочь гостям хостела.

Подводя итог, можно сделать вывод, что хостелы становятся популярнее, спрос на них с каждым годом растёт. Люди с любым доходом могут путеше-

ствовать по всему миру, знакомиться с интересными людьми, совершенствовать иностранные языки. Хостел можно расположить в квартирах многих многоквартирных зданий, больше всего для этих целях подходят квартиры с количеством комнат не менее двух, в морально устаревших малоэтажных гражданских зданиях. Это выгодный бизнес, который никогда не утратит актуальности.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТСКИХ САДОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

И.Е. Быков
Научный руководитель ***О.В. Пахнева,*** *старший преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Современное общество ставит особые задачи перед системой дошкольного образования, а как следствие, и к методам и нормам его проектирования. Проблема существующих детских садов, во-первых, в несоответствии планировочных решений и качества используемых строительных технологий современным требованиям быстро развивающегося мира; во-вторых, в недостаточности количества мест в имеющихся детских садах.

В рамках нашего исследования мы бы хотели проанализировать проектирование детского сада, отвечающего потребностям детей для их успешного развития.

Задачами исследования являются:

- подбор аналогов с современными объемно-планировочными решениями детских садов, построенных в нашей стране и за рубежом;
- изучение нормативной документации, действующей в России и других странах, сравнение изученного материала;
- анализ полученных данных с целью использования их в проектировании детского сада, отвечающего современным тенденциям и благоприятного для развития и пребывания детей.

Было рассмотрено большое количество планировочных решений детских садов. При отборе лучших были выявленные некоторые особенности проектирования детских дошкольных учреждений за рубежом.

Например, проект детского сада в г. Далянь, Китай (рис. 1) [1].

Здание имеет необычную форму, которая обусловлена непростыми климатическими условиями, а именно сильными зимними ветрами в данной местности. Поэтому дугообразный бетонный фасад способствует отражению холодных северных ветров от здания. Концепция такого модуля взята из природы: каждый модуль – это стручок, защищающий хрупкие семена. В качестве

строительных материалов выбран монолитный бетон, деревянные композитные стеновые панели, закалённые стеклопакеты и гофрированная оцинкованная сталь для крыши административного крыла. Внутренняя планировка соответствует удобной навигации. Внутри здания, имеется 9 групповых комнат с кухней, столовой, компьютерной аудитории, научным кабинетом, библиотекой, а также с залами для танцев и музыки, театральный кружок, помещения для персонала и лекционный зал. На первом этаже существуют: зона отдыха, зона активности, влажная зона, зона входа. На втором этаже имеется зона сна. Около здания расположены специальные площадки для игр и беговые дорожки.

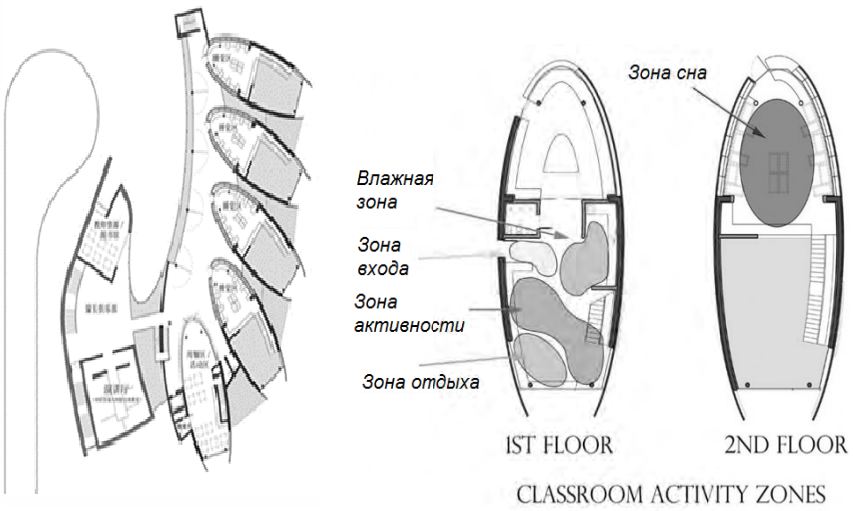


Рис. 1. Схема зонирования детского сада в г. Далянь, Китай

Следующий проект – проект дошкольного учреждения в парковой зоне г. Людвигсбурга, Германия (рис. 2).

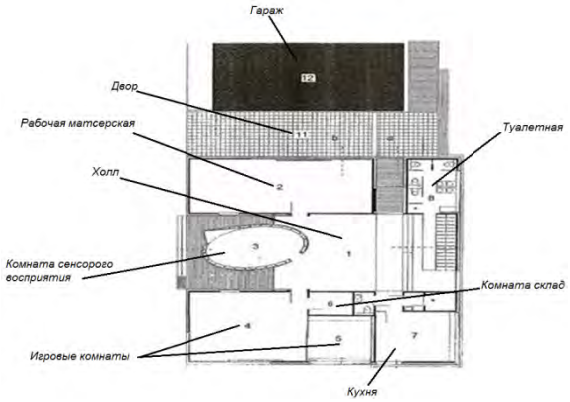


Рис. 2. Планировка детского садика в г. Людвигсбург

Главная идея этого проекта, что все комнаты формируются вокруг главного холла. При этом комнаты используются под разные нужды детей, для

живописи, лепки, как игровые комнаты. Важно, что эта концепция, победившая в конкурсе по номинации «Архитектурный облик», взята на вооружение архитекторами компании IND Architects и рекомендована для внедрения [2].

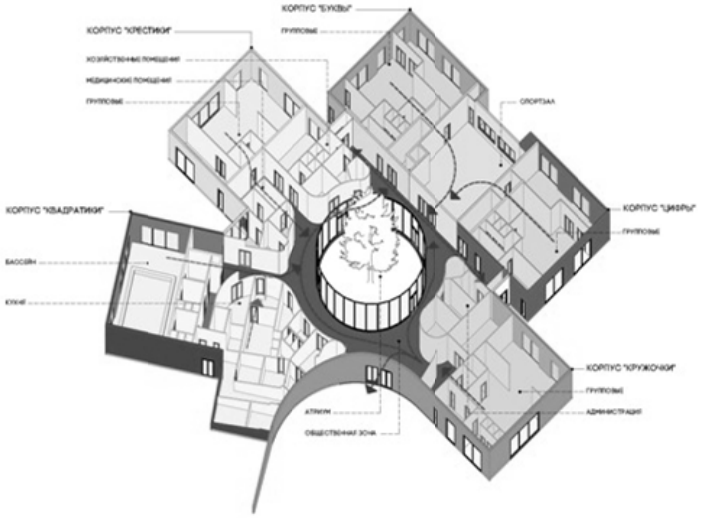


Рис. 3. Проект детского дошкольного учреждения компанией IND Architects

Примечательный проект детского сада есть и в Канаде в городе Ванкувер. Детское учреждение называется «Our House Child Care Center» или «Наш дом для детей». Комплекс представляет собой недавно построенное сооружение, которое расположилось позади уже существующей школы. В нем внедрены последние энергосберегающие технологии, включая рекуперацию тепла и геотермальное отопление. При проектировании в большом количестве использовались экологически чистые материалы, например, первый этаж выполнен из дерева. Важной особенностью является эффективное использование площадей. За счет того, существующая школа расположена за детским садом, это дает возможность использовать общие помещения, не повторяя их в каждом учреждении.

Вторым шагом нашего исследования было сравнение норм проектирования дошкольных образовательных организаций в России и за рубежом. В РФ используется СП 252.1325800.2016 «Здания дошкольных образовательных организаций. Правила проектирования» [3], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Нормы освещённости и освещения» [4], СанПиН 2.4.1.3049-13 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций» [5], а из зарубежных источников использован нормы правил «*Child Care and Early Years Act, 2014 ONTARIO REGULATION 137/15*» [6], провинции Онтарио, Канада. Основные расхождения в проектировании и расчетах приведены в табл.

Таблица

Сводная таблица характеристик дошкольных образовательных учреждений в России и Канаде

Пункт нормативов	Россия	Канада
Планировочные решения		
Основное помещение	Групповые, игровые, спальные	Каждый центр по уходу за ребенком должен иметь помещения: 1. Постирочные, раздевалки и туалеты 2. Помещения для хранения игрушек, веранды для игровых материалов и оборудования. 3. Пищеблок 4. Помещения для хранения журналов 5. Медицинские помещения 6. Технические помещения (расположено отопление и электрооборудование) 7. Помещение для отдыха персонала 8. Офисная площадь
Дополнительное помещение	Физкультурный и музыкальные залы, бассейны, раздевальные, учебные помещения	
Вспомогательное помещение	Коммуникационные помещения (тамбуры, коридоры) Административно-бытовые (кабинеты, пищеблок, постирочная, медицинские помещения) Технические помещения (размещение и функционирование инженерного оборудования) Подсобные помещения для складирования и хранения (кладовые, гардеробные)	
По возрастному составу детей		
Младенческий вораст	От 2 месяцев до 1 года	младше 18 месяцев
Ранний возраст	От 1 года до 3 лет	Старше 18 месяцев но младше 30 месяцев
Дошкольный возраст	От 3 до 7 лет	30 месяцев и старше, но моложе 6 лет
Kindergarten	отсутствует	Старше 44 месяцев до 7 лет
Максимальное количество детей в группе		
Младенец	С учетом возможности организации режима дня	10

Окончание табл.

Пункт нормативов	Россия	Канада
Ранний возраст	Из расчета площади групповой (игровой) комнаты	15
Дошкольный		24
Kindergarten (44 месяца и старше до 7 лет)	отсутствует	26
Объемно-планировочные показатели		
Площадь групповой (игровой) комнаты на ребенка, $м^2$	2,5(до 3 лет) 2 (от 3 лет)	2,8
Кабинет для индивидуальных занятий детей и/или консультации родителей, $м^2$	Не менее 20	Не нормируется
Площадь открытых игровых площадок на одного ребенка	Не менее 7,0 $м^2$ (от двух месяцев до трех лет) Не менее 9,0 $м^2$ (от трех до семи лет)	5,6 $м^2$ на одного ребенка
Отдельная комната для занятий (для каждой группы)	отсутствует	есть
Отдельная комната игровой деятельности (для каждой группы)	Не менее двух помещений	есть у каждой группы младенческого возраста
Параметры микроклимата		
Средняя температура в помещении ДОО	23	Не менее 20
Освещение игровых комнат	400 лк	550 лк
Площадь остекления	Игровые комнаты для занятий в детском дошкольном учреждении должны иметь площадь остекления не менее 10% от площади комнаты	Расчет согласно СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий

Рассматривая проектирование детских дошкольных учреждений за рубежом, нужно отметить, что в большинстве пособий, норм и внедренных объектах обязательно учтена встраиваемость здания в существующий ландшафт, а также уделено особое внимание цветовым гаммам экстерьеров и интерьеров с учетом своеобразности детского восприятия окружающего мира. При строительстве применяется природные материалы, которые дают почувствовать безопасность и надежность, предусмотрены учебные кабинеты (мастерские) для развития творческой натуры ребенка, например, кабинеты живописи, лепки или конструирования.

Изучив нормы отечественного и заграничного проектирования, а также сравнив проекты детских садов, мы наблюдаем особенные черты в проектировании зарубежных детских образовательных учреждений:

1. Размеры помещений максимально просторные.

2. При планировке берется во внимание потребность детей в свободном пространстве для реализации своей деятельности – разнообразие дополнительных помещений и площадей.

3. Отсутствие типовых проектов, каждый проект уникален.

4. Использование экологически чистых материалов.

5. Внедрение технологии энергосбережения в строительство.

6. Особое внимание уделять интерьеру, экстерьеру и ландшафтному окружению.

1. Современная архитектура для китайских детей - детский сад в Далянь [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://alpn.ru/novosti/novosti_arhitektury/sovremennaya_arhitektura_detskij_sad_v_dalyan.php**,** свободный.

2. Новый облик детских садов от IND Architects [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.novate.ru/blogs/211113/24582/ , свободный.

3. СП 252.1325800.2016. Здания дошкольных образовательных организаций. Правила проектирования. – Введ. 2017-18-02/ Минстрой и ЖКХ РФ, 2016- 77 с.

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Нормы освещённости и освещения.

5. СанПиН 2.4.1.3049-13. Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы дошкольных образовательных организаций.

6. Child Care and Early Years Act, 2014 ONTARIO REGULATION 137/15 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ontario.ca/laws/regulation/150137#BK41, свободный.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГРАММЫ AUTODESK FLOW DESIGN

А. В. Груздева, А. А. Митюгов

Научный руководитель ***Н. М. Дементьев,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В современной строительной аэродинамике существует три метода оценки ветрового воздействия:

1. Физический эксперимент в специализированных аэродинамических трубах;

2. Определение ветровой нагрузки по данным натурных наблюдений;

3. Компьютерное моделирование в различных программных комплексах.

При расчете по нормам СП «Нагрузки и воздействия» [1] для крупномасштабных проектов рекомендуется применять результаты испытаний в специальных аэродинамических трубах, которые могут воссоздать свойства атмосферного пограничного слоя и при разработке архитектурно-планировочных решений городских кварталов, а также при планировании возведения зданий внутри существующих городских кварталов необходимо провести оценку комфортности пешеходных зон [1]. Но исследования в аэроди-

намических трубах весьма трудоемки и дорогостоящи. Для особо крупных моделей их приходится осуществлять за рубежом.

При натурных измерениях прослеживаемая турбулентность ветрового потока по высоте, не учитывается. Также необходимо уточнение размеров и расположения зон с повышенными местными давлениями ветра. Ввиду этого данный способ подходит лишь для зданий малой и средней высоты в разреженной застройке.

Для высотных сооружений в плотной застройке необходимы более точные методики. Поэтому, в последние 10-15 лет активно развивается компьютерное моделирование, совершенствуются методы расчетов ветровых воздействий на здания и сооружения при неуклонно возрастающей мощности компьютеров [2]. В перспективе роль компьютерного моделирования, как показал опыт в смежных отраслях (например, аэрокосмической) будет только возрастать [2].

В данной работе рассматриваются результаты компьютерного моделирования ветровых нагрузок на простые формы зданий в программе Autodesk Flow Design и проведен сравнительный анализ с расчетом согласно [1]. Программа Autodesk Flow Design обеспечивает виртуальную аэродинамическую трубу для дизайнеров, инженеров и архитекторов. Предназначена для моделирования воздушных потоков вокруг и внутри концептов архитектурных или инженерных моделей.

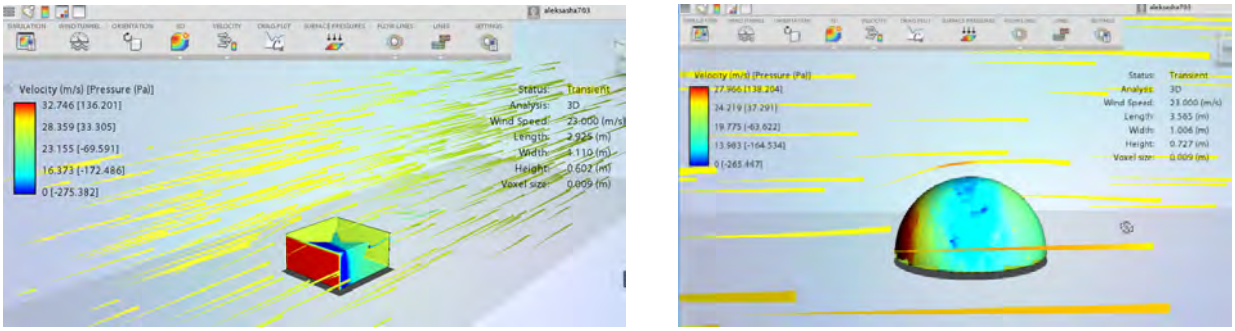
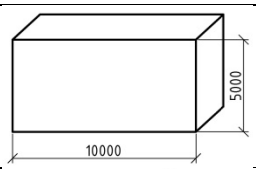
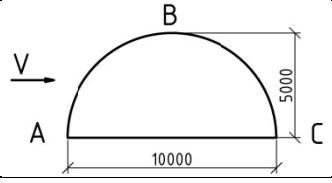


Рис. Давление на здания разных форм

Таблица

Верификация программы и сравнение методов расчёта

Форма здания	Схема здания	Контролируемые параметры		Расхождение, %
		Давление, вычисленное в программе, Па	Давление при расчете по СП, Па	
Куб h=5м		136,2	128,8	5%
Купол h=5м: В точке А		138,2	128,8	6,8%
В точке В		-202	-193,2	4,6%
В точке С		-20	0	

В результате верификации программы Autodesk Flow Design установлена оптимальная для расчетов точность результатов средней составляющей основной ветровой нагрузки (расхождение не более 7%).При расчете купола в точке С по СП[1] аэродинамический коэффициент C_e=0, а программное обеспечение дает значение 20 Па, что в относительных единицах по сравнению с максимальным давлением ветра на конструкцию можно принять близким к нулю и, следовательно, рассматривать как значение, близкое к полученному по СП[1]. При рассмотрении зданий выше 5м следует вводить коэффициент $k(z_e)$ учитывающий изменений ветрового давления по высоте.

Исходя из проведённого исследования можно сделать вывод, что использование метода компьютерного моделирования в программном комплексе с использованием современных вычислительных технологий является перспективным подходом, позволяющим сократить временные и финансовые затраты, оптимизировать инженерный проект.

1. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85; утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. -Введ в действие с 4 июня 2017 г – М: Национальные стандарты;

2. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы: автореферат / С.И. Дубинский. – Москва, 2010. – 20 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЩЕЖИТИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Е.Д. Казакова

Научный руководитель ***С.Р. Шиманский,*** *канд. физ.-мат. наук, доцент*

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Технология приготовления горячей воды многоквартирного и офисного зданий предусматривает подачу теплоносителя в водоподогреватель с температурой не менее 70°С. Вместе с тем, такой уровень температуры является завышенным для системы отопления, которая действует параллельно с системой горячего водоснабжения. В результате этого происходит повышение температуры в помещении, что создает дискомфорт для потребителя.

Целью многих систем автоматики является поддержание «комфортного» графика температуры для системы отопления. Это предусматривает снижение температуры на нужды отопления в соответствии с наружной температурой воздуха.

Для определения температуры наружного воздуха, при которой происходит избыточное потребление тепловой энергии, требуется построить температурный отопительно-бытовой график (рис.).

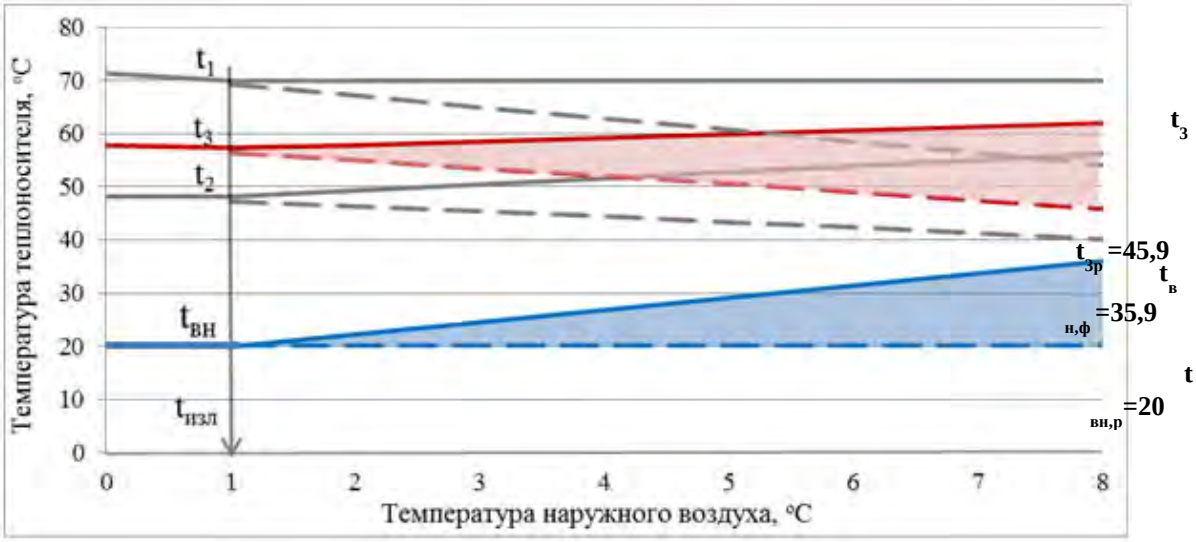


Рис. Фрагмент отопительно-бытового графика отпуска тепловой энергии потребителю

t_1- температура подающего трубопровода; t_2- то же обратного трубопровода; t_3- то же воды на входе в систему отопления; $t_{3р}$- расчетная температура воды на входе в систему отопления; $t_{3ф}$-фактическая температура воды на входе в систему отопления; $t_{вн,ф}$- фактическая внутренняя температура в помещении; $t_{вн,р}$- расчетная внутренняя температура в помещении

Графика отпуска тепловой энергии потребителю показывает, что при повышении температуры наружного воздуха от $t_{изл}$ до + 8 °С возникает значительный «перетоп» в системах отопления.

Избыточное потребление тепловой энергии находим по формуле (1) [1]:

$$Q^{i}_{\text{пер}} = \text{c} \cdot G \cdot \Delta t \cdot N_i, \text{Гкал/ч} \quad (1)$$

где, *c* – коэффициент единиц измерения, 1,163 Вт/м^3·°С;

G – расход теплоносителя в системе теплоснабжения, м^3/ч;

Δt – разница между расчетной и фактической температурами воды для СО, °С;

N – период стояния температуры *i*, которая находится в промежутке от $t_{изл}$ до +8°С, день.

Стоимость избыточного потребления тепловой энергии $И_{тп}$ по формуле 2:

$$\text{И}_{\text{тп}} = \text{Q}_{\text{пер}} \cdot \text{Т} \quad (2)$$

где, Т–тариф на тепловую энергию, 1681.50 руб/Гкал. [2]

В работе оценивается избыточное потребление теплоты для общежития. Расчет выполнен в соответствии с данными температурного графика (рис.) и ведется в табличной форме для диапазона температур от +1 до +8 °С наружного воздуха расчетного периода. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Таблица избыточного теплопотребления здания за 2015-2016 гг

Температура наружного воздуха, °С	Расход теплоносителя в системе теплоснабжения, м³/ч	Фактическая температура воды для СО $t_р$, °С	Расчетная температура воды для СО $t_ф$, °С	Разница между $t_ф$ и $t_р$, Δt, °С	Период стояния температуры, день	Количество теплоты, Гкал/год
1	14,72	57,21	56,37	0,84	14	3,56
2		57,88	54,96	2,92	15	9,29
3		58,56	53,53	5,03	12	17,76
4		59,23	52,07	7,16	14	10,11
5		59,90	50,59	9,31	6	16,45
6		60,58	49,08	11,50	4	16,25
7		61,25	47,54	13,71	7	9,69
8		61,92	45,96	15,96	32	56,40
ИТОГО:						**139,51**

$Q_{пер}$= 139,51 Гкал/год; $И_{тп}$= 139,51·1403,98= 195 870 руб.

Для того чтобы определить на сколько повысилась температура в помещении, используем формулу 3:

$$T = \frac{T_3+T_2}{2} - t_{вн}, °C \qquad (3)$$

Результат расчета изменения температуры внутреннего воздуха от фактической температуры теплоносителя приведен в таблице 2.

Таблица 2

$t_{нар}$	$T_{3Ф}$	$T_{2Ф}$	$\frac{\sum T}{2}$	$t_{вн}$	$T_ф$
1	56,37	47,23	103,60	20	31,80
2	54,96	46,31	101,27	20	30,63
3	53,53	45,36	98,89	20	29,44
4	52,07	44,38	96,46	20	28,23
5	50,59	43,38	93,97	20	26,99
6	49,08	42,35	91,43	20	25,71
7	47,54	41,29	88,82	20	24,41
8	45,96	40,19	86,15	20	23,07

$$\frac{T_{3ф}+T_{2ф}}{2} - x = 31,8.$$

X= 20,85°С.

Температура в квартире завышена по сравнению с расчетной (20°С).

Результат расчета действительной температуры в помещении при расчетной температуре теплоносителя приведен в таблице 3.

Таблица 3

$t_{нар}$	$\frac{\sum T_р}{2}$	$T_р$	X
1	52,64	31,80	20,84
2	53,56	30,63	22,92
3	54,47	29,44	25,03
4	55,38	28,23	27,16
5	56,30	26,99	29,31
6	57,21	25,71	31,50
7	58,13	24,41	33,71
8	59,04	23,07	35,96

Таким образом, при наружной температуре +8°С температура в помещении составляет 35,96°С, что на 15,6°С выше нормы. Для того чтобы устранить перегрев помещений в здании общежития необходимо заменить ИТП с элеваторным узлом на полностью автоматизированный ИТП с теплообменником. Графическое изображение зависимости внутренней температуры от температуры теплоносителя приведено на рисунке.

В результате проведенных исследований установлено, что избыточное тепловыделение для общежития составляет 139,51 Гкал/год. В денежном выражении это составляет 195 870 руб/год, что указывает на необходимость установки автоматических систем подачи тепла для общежития. Окупаемость такой системы составит 3 года.

1. СНиП 41-01-2003 "Отопление, вентиляция и кондиционирование".

2. Распоряжение от 27 ноября 2015 года N 364-р «Об установлении цен (тарифов) в сфере теплоснабжения публичного акционерного общества "Территориальная генерирующая компания N 1" (Невский филиал, Санкт-Петербург) на территории Санкт-Петербурга на 2016-2018 годы*»

ПРОБЛЕМА ПАРКИНГА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

В.С. Мельник, С.С. Фомин
Научный руководитель ***О.В. Пахнева,*** *старший преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Проблема размещения автомобилей на придомовой территории стоит очень остро в настоящий момент времени. Целью нашего исследования является рассмотрение возможных вариантов парковки автомобилей на территории жилой застройки и выбор из них оптимального.

Сейчас в основном распространены следующие виды паркингов:

- плоскостная стоянка;
- многоуровневая стоянка;
- подземная стоянка;
- механизированные паркинги автомобилей (без участия водителей).

Коротко охарактеризуем особенности каждого в соответствии с СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей [1]:

Плоскостная открытая стоянка автомобилей – специальная площадка (без устройства фундаментов) для открытого или закрытого (в отдельных боксах или металлических тентах) хранения автомобилей и других индивидуальных мототранспортных средств в одном уровне.

Многоуровневая стоянка автомобилей – стоянка, в которой поэтажно (поярусно) размещают парковочные места

Подземная стоянка автомобилей – стоянка автомобилей, имеющая все этажи при отметке пола помещений ниже планировочной отметки земли более чем на половину высоты помещений.

Механизированная стоянка автомобилей – сооружение, в котором транспортирование автомобилей в места (ячейки) хранения осуществляют специальными механизированными устройства (без участия водителей).

Основные характеристики паркингов, достоинства и недостатки, важные для использования их на городских территориях приведены в таблице 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки различных типов паркингов

	Достоинства	Недостатки
Плоскостные открытого типа	Доступность машины, легкость монтажа.	Занимает много места, нет возможности для расширения
Многоуровневые стоянки	Легкость использования, защита автомобиля от окружающей среды	Большая часть площади расходуется на подъездные пути и рампы
Подземные стоянки	Занимает мало наземного пространства, защита автомобиля от окружающей среды	Трудоемкость монтажа
Механизированные стоянки	Компактность, защита автомобиля от окружающей среды	Механические устройства, в основном, зарубежного производства, подача машин поочередна

В связи с тем, что для строительства многоквартирного дома зачастую выделяют участок земли которого недостаточно для плоскостных стоянок в дальнейшем сравнении этот тип автопарковок м не рассматриваем.

Далее проанализируем такой важный аспект, как капитальные затраты на постройку парковочных комплексов и затраты на их эксплуатацию. Результаты этого исследования, выполненные на одинаковое количество машиномест приведены в таблице 2, данные по стоимости приняты по материалам статьи [2].

Таблица 2

Экономическое сравнение автостоянок

	Количество машиномест, шт.	Цена конструкции, млн. руб.	Цена обслуживания в месяц, тыс. руб.
Многоуровневые стоянки	100	85	150
Подземные стоянки	100	100	200
Механизированные стоянки	100	95	250

Из данных таблицы 2 видно, что самыми экономичными являются многоуровневые паркинги. А стоимость обслуживания механизированных стоянок выше, нежели стоимость обслуживания остальных.

Следующий этап – это сравнение удельной площади на одномашиноместо в разных типах автостоянок.

Таблица 3

Сравнение общей площади застройки одного машиноместа

	Количество мест, шт.	Общая площадь застройки, м²	Средняя площадь застройки, приходящаяся на одно машиноместо, м²
Многоуровневые стоянки	100	1500	15
Подземные стоянки	100	350	3,5
Механизированные стоянки	100	1400	14

Из таблицы видно, что подземные паркинги наиболее затратные в капитальных вложениях, но они имеют очевидное преимущество как свободное пространство на поверхности земли, что очень важно в городских условиях.

Обобщая итоги этого небольшого исследования, можно рекомендовать для освобождения территории у многоквартирных домов в случае наличия необходимого пространство возводить многоуровневые стоянки. В городских условиях при новом строительстве и недостатке территории, оптималь-

ным решением будут подземные стоянки. Если же нет возможности задействовать подземную территорию, а также недостаточно площади для многоуровневых стоянок, то выходом будут механизированные стоянки, так как они являются самыми компактными.

1. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99* (с Изменением N 1)

2. http://www.neo-park.ru/stati/publikatsii/stroitelstvo-parkovok/СТРОИТЕЛЬСТВО ПАРКОВОК

3. https://realty.rbc.ru/news/577d23439a7947a78ce91778 подземные паркинги в новых домах Москвы

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.А. Сысоева
Научный руководитель ***Д.А. Заварин,*** *канд. экон. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Объемы жилого строительства в Вологодской области постепенно увеличиваются. По результатам исследования жилищного фонда в Вологодской области составлен график, исходя из которого, можно увидеть, что общая площадь жилых помещений с 2006 г. к 2016 г. повысилась на 15%. Массовый рынок жилья требуетсядля решения социальных проблем, а также для развития экономики в целом.

Для увеличения объемов жилищного строительства, необходимо снижение себестоимости объектов и уменьшение сроков строительных работ. Для достижения данной цели следует прибегнуть к созданию новых стройматериалов и, особенно, к внедрению инновационных технологий, что позволит уменьшить себестоимость и время строительства, а значит, увеличить число строительных площадок.

Неотъемлемой частью строительства являются инженерные изыскания, включающие экологические геологические, гидрометеорологические, геодезические и иные изыскания. Каждый из них содержит в себе необходимость локализации исследуемых параметров в пространстве. Следовательно, геодезические работы, направленные на измерения земной поверхности, являются неотъемлемой частью инженерных изысканий в строительстве[2].

Следующим этапом, невозможным без геодезических работ, является непосредственно строительство. Требования по контролю пространственных параметров приведены в СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строи-

тельстве» [1]. Геодезист на строительной площадке отвечает за корректный перенос проектных решений на объекты строительства.

В дальнейшем геодезические методы используются при эксплуатации зданий и сооружений, например, при контроле усадок, кренов, перемещений, который является неотъемлемой частью эксплуатации сложных инженерных сооружений, таких как мосты, туннели, высотные объекты.

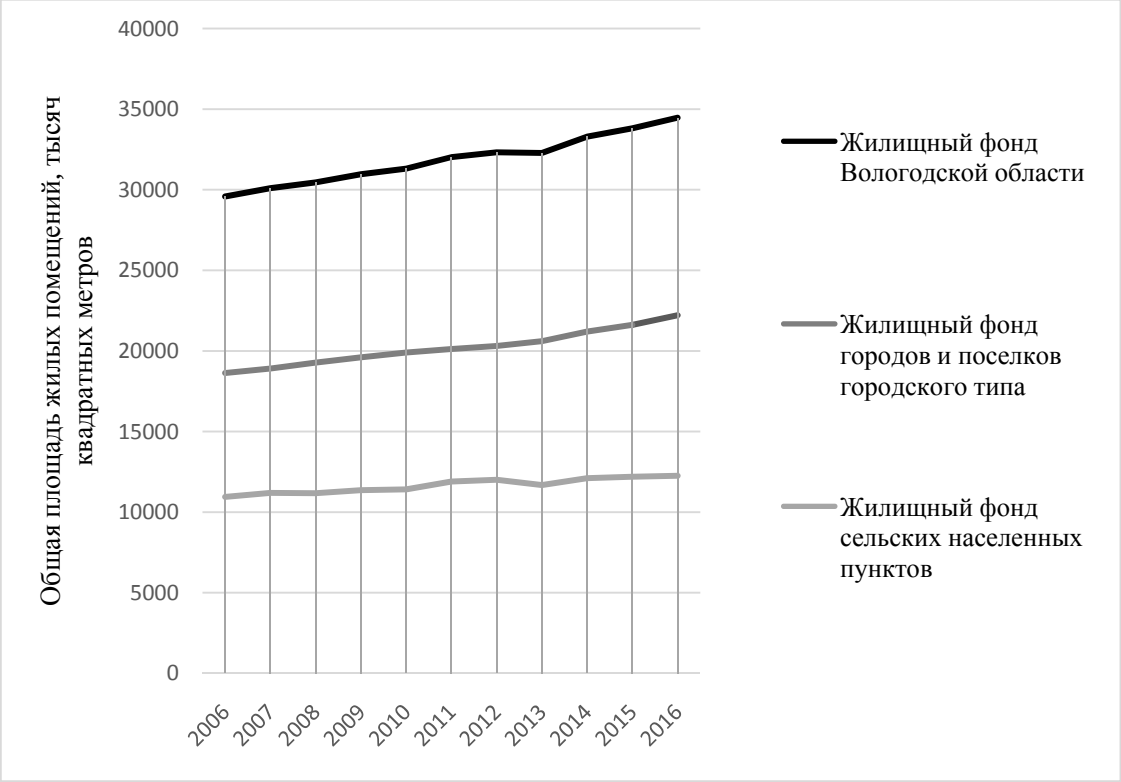


Рис. Жилищный фонд в Вологодской области
(общая площадь жилых помещений; тысяч квадратных метров)

Целью данного исследования является уменьшение сроков строительных работ и повышение их качества за счет внедрения геодезических новаций. Задача: рассмотреть геодезические работы, осуществляемые на современном этапе при жилищном строительстве.

Исходя из СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве» [1], точность разбивки главных осей зданий и сооружений на строительной площадке площадью более 1 км^2 должна соответствовать 1/25 000. Поэтому на строительной площадке размерами 400х300 м абсолютная ошибка будет 1,6 см.

Для контроля данной точности необходимо использовать геодезический метод или метод спутниковых определений координат, современное оборудование и приборы. Наиболее современными геодезическими приборами являются ГНСС оборудование и электронный тахеометр, имеющие такие преимущества как точность и быстрота выполнения работ, автоматизация обработки результатов измерений, повышение производительности труда.

Геодезический метод предполагает наличие специального геодезического оборудования, работа с которым невозможна без определенных знаний. Таким оборудованием могут быть: теодолит, электронный тахеометр, нивелир. Современные электронные тахеометры представляют собой устройства, объединяющие в себе электронный теодолит, светодальномер, микроЭВМ и модуль памяти. Геодезический метод определения координат чаще всего применяется на территории плотной застройки, когда ГНСС оборудование не ловит сигналы спутников.

Наиболее распространенным является метод спутниковых геодезических измерений. Этот метод подразделяется на: относительный и абсолютный. Относительный метод включает в себя несколько режимов, подразделяющихся на две группы: статические (статика, быстрая статика) и кинематические (кинематика, режим «Стой-иди», кинематика реального времени). Независимо от режима один из приёмников размещают на пункте с известными координатами (база), а другие – на определяемых пунктах (роверы).

Комплект ГНСС оборудования, при измерениях в режиме «статика», включает 2 ГНСС приемника, штатив, веху, трегер и трипод. С помощью референцных станций можно вести измерения в режиме реального времени (RTK). В данном случае комплект оборудования сокращается до приёмника, вехи, трипода и контроллера, в данном случае количество работников сокращается до одного человека, благодаря чему сокращаются затраты на покупку оборудования и заработной платы специалистов.

Спутниковое оборудование дорогостоящее, но обеспечивает высокую точность и скорость работ. Спутниковый метод определения координат исключает грубые ошибки, которые может допустить человек при измерениях.

Рассмотрим последовательность вынесения на местности осей строящегося здания с использования ГНСС технологий в режиме РТК:

1. Экспортируем проект в контроллер роверного комплекта;

2. Уравниваем геодезическую сеть в принятой на строительной площадке системе координат;

3. Используя режим разбивки «разбивка» и следуя указаниям контроллера, перемещаем ровер в искомую проектную точку.

Пользуясь данным алгоритмом можно получать плановое и высотное положение проектных точек в режиме реального времени, то есть при наличии открытого неба (котлован, верхний этаж строящегося здания) можно узнать положения проектной точки через 3-5 минут после получения задания и даже контролировать положение строительных конструкций непосредственно в момент их монтирования. Также нужно принять в расчет, что подготовка работы с роверным комплектом требует определенных навыков, а непосредственно вынос точки может быть осуществлен простым строителем. Но нужно учитывать, что в межэтажных пространствах данный метод не работает.

Недостатком использования ГНСС технологий в кадастровой деятельности является сложность их применения в условиях плотной городской застройки. Одной из особенностей метода спутниковых определений является практически полная компьютерная обработка результатов геодезических измерений, благодаря чему сокращается время получения координат характерных точек.

Точно определить размеры и параметры несущих конструкций можно только с применением высокоточных геодезических приборов. В современном мире скорость выполнения работ постоянно увеличивается, поэтому геодезические приборы должны совершенствоваться, чтобы работать с ними было удобнее и быстрее, а точность измерений при этом оставалась высокой.

1. СП 126.13330.2012 Свод правил. Геодезические работы в строительстве: актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84: утв. Минрегионом РФ29.12.2011 № 635/1. – Введ. 1.01.2013 г. – ФАУ «ФЦС», 2012. – 84 с.

2. Заварин, Д. А. Концепция активизации инновационной деятельности в строительстве / Д. А. Заварин // Проблемы и перспективы развития современной науки и образования: сборник статей международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 105-110.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ В ЦЕНТРЕ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

А.А. Хмелёв

Научный руководитель ***О.В. Пахнёва,*** *старший преподаватель*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Цель данной работы проанализировать существующие проблемы с организацией и количеством парковочных мест в центральной части г. Вологды и представить варианты их решения.

Сейчас очень важно становится перераспределять место в центре города, отдавая большую его часть под общественные пространства, зоны перемещения пешеходов, велосипедистов и общественного транспорта, а также под зеленые зоны. Существующая ситуация такова, что большую часть территории занимают припаркованные автомобили. Их вынуждает к этому нехватка организованных парковочных площадей в местах максимального притяжения населения городов.

В ходе работы нами решены следующие задачи:

- обозначено место наиболее напряженного в парковочном отношении пространства в центре города;

- проведены натурные исследования существующей обстановки на парковочных местах и прилегающих территориях;

- проанализирована ситуация и предложены пути решения проблемы.

Объект исследования – зона в центральной части города Вологды, ограниченная улицами Батюшкова, проспект Мира, проспект Победы, Мальцева, Октябрьская (рис. 1).

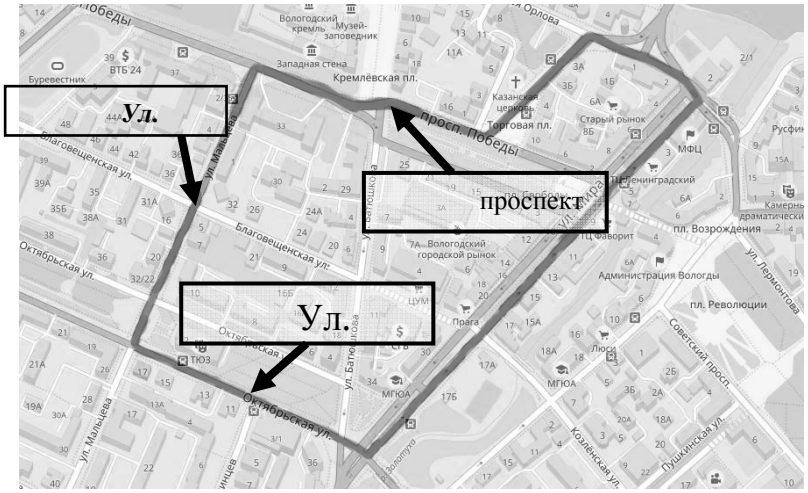


Рис. 1. Схема области исследования

Основная масса припаркованных автомобилей находится на обочинах указанных и прилегающих улиц (рис. 2). Загруженность этих выделенных парковок зависит от наличия и близости магазинов, торговых центров, рынков, объектов культурного наследия Вологды, туристических объектов, парковых зон и т.п. Проблема нехватки парковочных мест вызвана несоответствием выделенных площадей под парковку и припаркованных автомобилей.

Нами был проведен количественный анализ числа припаркованных автомобилей (в зоне исследования). Подсчёт проводился в часы пиковой нагрузки на площадки (15:00-16:00, понедельник; 15:30-16:30, среда; 14:00-15:00, суббота). К исследованию принят максимальный по полученным данным результат. Общая вместимость парковочных пространств составила 540 автомобилей (рис. 2).

Несмотря на видимое большое количество парковочных мест, этого явно недостаточно, так как масса автомобилей, приезжающих в эту часть города настолько велика, что ими забиты все прилегающие улицы, а это вызывает проблемы в передвижении автомобилей, пешеходов и общественного транспорта, не говоря уже об отсутствии мест для общественной активности людей.

Вектор развития проблемы и пути её решения:

– В связи с ежегодным увеличением количества автомобилей более чем на 3 тысячи единиц [1] очевидно, что существующая проблема с каждым годом будет усугубляться. И любые плоскостные решения не достаточны.

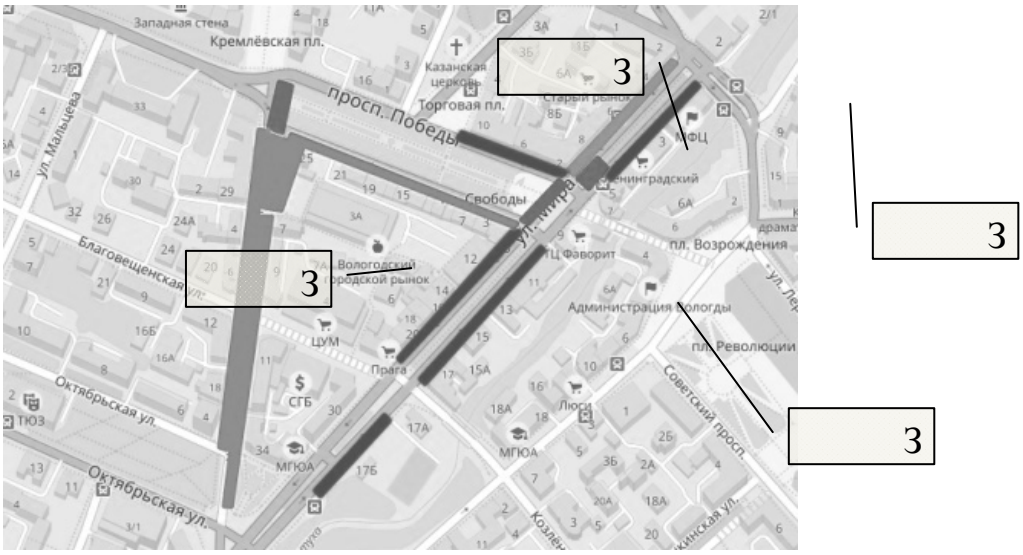


Рис. 2. Схема существующих парковочных площадок и их вместимость.
Зона 1 – 5-15 припаркованных автомобилей;
Зона 2 – 16-30 припаркованных автомобилей;
Зона 3 – 31-50 припаркованных автомобилей;
Зона 4 – 51-85 припаркованных автомобилей

– Для наиболее эффективного решения, на наш взгляд, необходимо создание сети многоуровневых паркингов, расположенных в узловых точках исследуемой зоны и ее периферии. На рис. 3 показаны возможные места для расположения этих объектов.

Если предположить что вместимость этих паркингов должна быть такова, чтобы вместить существующие автомобили, а также их возможное перспективное увеличение, расчет параметров паркингов на ближающую перспективу приведен в таблице 1.

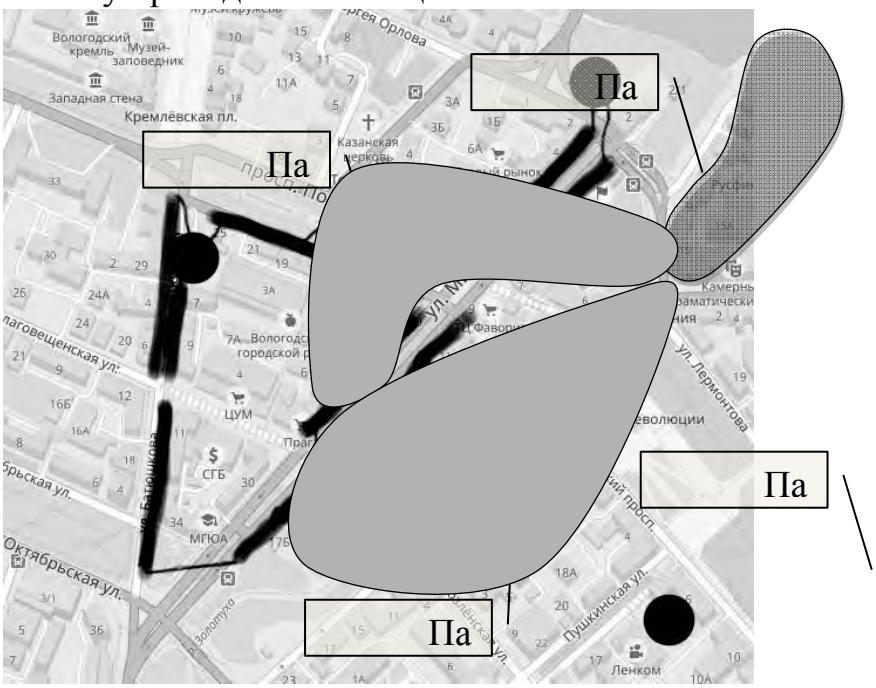


Рис. 3. Расположение многоуровневых паркингов и зоны их охвата

Таблица

Расчет параметров паркингов на ближающую перспективу

Название точки	Существующее количество припаркованных автомобилей в зоне охвата паркинга	Перспектива
Паркинг 1	253 автомобиля	270-280 авт.
Паркинг 2	207 автомобилей	220-230 авт.
Паркинг 3	77 автомобилей	90-100 авт.

В качестве основного решения этих паркингов авторами предложен следующий вариант (классификация выполнена в соответствии с [2]). Объемно-планировочное решение: отдельно стоящая многоуровневая надземно-подземная стоянка с одним подземным и тремя надземными этажами открытого типа, высотой этажа 2.5 м. Способ перемещение между этажами – рампа (пандус). Предполагается эксплуатируемая крыша. Конструктивное решение: модульная быстровозводимая стоянка

Итак, авторы надеются, что предложенное ими решение проблемы позволит значительно разгрузить от автомобилей область исследования и сделать эту территорию более привлекательной для перемещения населения. В перспективе возможно создание общественных пространств, на площадях, освобождённых вследствие реконструкции, которые будут притягивать как горожан, так и гостей города.

1. А. Шер Больше чем на 3 тысячи увеличилось количество легковых автомобилей в Вологде за 2012 год [Электронный ресурс]. – Официальный сайт администрации города Вологда. – Режим доступа: http://vologda-portal.ru/novosti/index.php?ID=208625&SECTION_ID=151

2. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей.

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А.Ю. Брыгин
Научный руководитель ***А.А. Кулаков,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Очистные сооружения канализации (ОСК) г. Вологды – это один из ключевых объектов по обеспечению экологической безопасности областного центра.

Целью данной работы является оценка эффективности работы ОСК и предложение комплекса мероприятий по усовершенствованию их работы.

В 2009 -2012 годах проведены работы по реконструкции ОСК и частичной ретехнологизации [1]. Ключевой упор во время проведения работ был сделан на изменение технологии и повышение эффективности биологической очистки сточных вод, а также на улучшение характеристик обработки осадка.

В результате схема ОС приняла следующий вид:

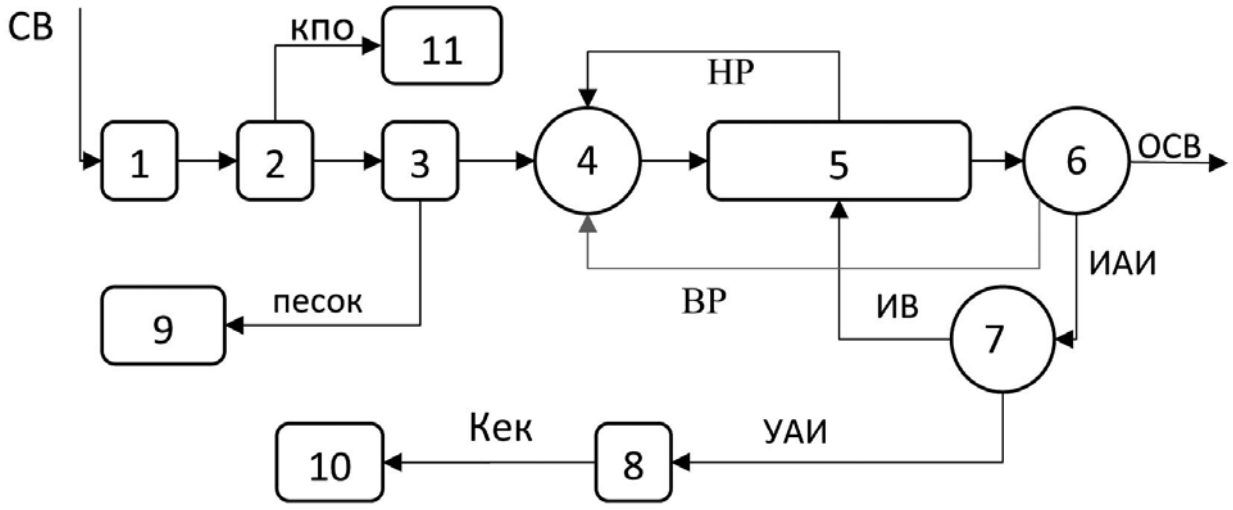


Рис. 1. Существующая технологическая схема ОСК г. Вологды: 1 - приемная камера; 2 - решётки; 3 - песколовки; 4 - денитрификаторы; 5 - аэротенки; 6 - вторичные отстойники;7 - илоуплотнитель; 8 - цех механического обезвоживания; 9 - песковые бункера; 10 - площадки компостирования; 11 - бункер крупных плавающих отбросов; СВ - сточная вода; УАИ - уплотнённый активный ил; ОСВ - очищенная сточная вода; ИАИ - избыточный активный ил; ИВ - иловая вода; КПО - крупные плавающие отбросы; ВР - возвратный рецикл; НР - нитратный рецикл

Были выполнены следующие виды работ:

1. Отказ от первичных отстойников и переход на технологию с денитрификаторами для улучшения очистки сточных вод от соединений фосфора и азота.

2. Удаление из цикла обезвоживания осадка метантенков, строительство и пуск в эксплуатацию нового ЦМО, оснащённого пресс-фильтрами, соответствующими новой технологии.

3. Усовершенствование системы аэрации в аэротенках и турбин, обеспечивающих достаточную производительность.

4. Обеспечение работы возвратного и нитратного рециклов.

5. Строительство нового вторичного отстойника диаметром 40м и глубиной 4,5 м.

В ходе изучения работы ОСК, был сделан акцент на изучение незатронутой реконструкцией части цикла очистки сточных вод, выявление имеющихся в них недостатков и предложении вариантов их решения, исходя из технико-экономических соображений. Механическая очистка сточной жидкости является определяющей для дальнейшей стабильной работы сооружений очистки, и в схеме ОСК г. Вологда, в настоящее время, состоит из 2 этапов: решётки и песколовки.

Первая ступень очистки – решётки, их функция в технологическом процессе – задержание крупных, плавающих отбросов, находящихся в сточной жидкости и их выгрузка на транспортёр, с последующим пропуском отходов через гидравлический пресс-толкатель «ПТГ-200». Следствием чего является обезвоживание и уплотнение отходов.

Две многоступенчатые гидравлические решётки PMT-43SH 1200/2 (Финляндия), установлены на пути сточной жидкости. Также, в третьем канале установлена решётка Fenno Watter Ltd.(Финляндия), со схожими характеристиками, но меньшей пропускной способностью.

Сооружение и имеющиеся проблемы:

1. Многоступенчатые гидравлические решётки PMT-43SH 1200/2.

Наиболее важным показателем, характеризующим степень очистки сточных вод, в решётках данного «2D» типа, является «величина прозора», на всех трёх решётках она составляет 6мм, при толщине прутьев 3мм. В теории данная размерность должна обеспечивать эффективное изъятие крупных плавающих отбросов, благодаря образованию на решётке фильтрующего слоя из самих загрязнений. На практике же формирование этого слоя не всегда происходит равномерно, в основном из-за разной интенсивности поступления сточной жидкости на ОСК в течение суток, а также крупных, тяжёлых и твёрдых включений, находящихся в сточных водах.

«Просачивающиеся» через первую ступень очистки крупные загрязнения, переносятся потоком далее по циклу очистных сооружений и создают определённые проблемы практически на каждом его этапе.

Варианты решения:

а) Замена имеющихся на более совершенную и удовлетворяющую требованиям систему.

б) Барабанные решётки – хорошее решение, отлично зарекомендовавшее себя в странах Европы, но их монтаж требует больших вложений на перестройку канала. Второй недостаток, решётки данного типа чувствительны к характеру отбросов и составу сточных вод, который, как показывает практика, не всегда соответствует нормативам.

в) Наиболее рациональным методом может стать установка второго ряда решёток, конструкции аналогичной уже имеющимся, но с меньшей величиной прозора, например, 2-3 мм. Эта мера не потребует капитальной реконструкции сооружения, канала и в то же время существенно улучшит задержание крупных плавающих отбросов.

Второй этап механической очистки – песколовки. На ОСК г. Вологда функционируют 4 секции песколовок горизонтального типа, время пребывания воды 2-3 минуты, со средней скоростью потока 0,37 м/с, производительность 240-290 $м^3$/сут. Габариты секций: ширина – 4,5м, длинна – 15м, рабочая глубина – 2,6м [3]. В передней части каждого лотка располагается приямок, куда скребковым механизмом «FINNCHAIN» (Финляндия) осуществляется сбор осаждённого песка и его последующая транспортировка по пульпопроводу в бункер.

2. Четыре песколовки горизонтального типа. Два скребковых механизма «FINNCHAIN».

1) Неоснащённость 2 секций из 4 скребковыми механизмами создаёт необходимость регулярного перекрытия секций песколовок и размывания песка вручную, а это в свою очередь, ведёт к увеличению нагрузки на остальные секции на период остановки одной из них. Также несвоевременное удаление осадка ведёт к его загниванию.

2) Несовершенство системы формирования отстойных зон в песколовках, слишком быстрое течение[3].

3) Засорение насосов, установленных на пульпопроводе (в среднем, раз в 48 часов на одной из секций, находящихся в работе).

4) Отсутствие системы аэрации.

Варианты решения:

а) Дооснащение секций песколовок скребковыми механизмами.

б) Сооружение «щитов – гасителей» скорости потока, в виде вертикально расположенных пластин из металла, пластика или дерева, задача которых равномерное распределение потока по всему сечению сооружения. Данная конструкция довольно успешно применяется на одной из секций песколовок. Но она имеет и недостатки, вытекающие из существующей системы работы решёток. На пластинах гасителя со временем формируются скопления из нерастворимых, плавающих загрязнений (тряпки, волосы и т.д.), что затрудняет

проход жидкости между ними и способствует формированию зон застоя в центральной части песколовки.

в) Усовершенствование системы решёток, путём установления двух уровневой системы фильтрации, с применением либо барабанных решёток, либо второго ряда многоступенчатой гидравлической системы, но с меньшей величиной прозора. Предлагаемая величина 2-3 мм.

г) Проведение системы аэрации, в комплексе с реконструкцией капитальных сооружений секций песколовок, что должно обеспечить качественное разделение минеральных загрязнений и органики [2].

Биологическая очистка на рассматриваемых сооружениях не вызывает существенных нареканий, а имеющиеся в её работе недостатки связаны с несовершенством механической очистки.

Обработка осадков в технологическом цикле осуществляется в цехе механического обезвоживания (ЦМО). Осадок обезвоживается на фильтр-прессах с применением флокулянта Zetag. Продуктом обезвоживания осадка сточных вод является кек в пастообразном состоянии влажностью 84-88%, с содержанием сухого вещества 12-16%, подлежащий дальнейшей утилизации.

Реконструкция очистных сооружений должна носить комплексный характер, так как несовершенство одной ступени очистки сточных вод, ухудшает работу всех остальных, а вложенные в реконструкцию части объектов средства не дают требуемого эффекта.

1. Ретехнолизация сооружения очистки сточных вод. Мешенгиссер Ю.М. С. 14-76 // «Издательский дом «Вокруг цвета», 2012. – 211 с.

2. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85

3. Исследование блока механической очистки ОСК г. Вологда / Кулаков А.А., Фоминых В. // Вода. 2017. – №4(116) – С. 26-29.

ДОСТИЖЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ НОРМАТИВОВ НА МАЛЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

Т.А. Воробьева
Научный руководитель ***А.А. Кулаков,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время большинство малых очистных сооружений канализации (ОСК) находятся в изношенном состоянии и не функционируют или функционируют, но на пределе своих возможностей, что может привести к загрязнению водных объектов.

Основными особенностями малых ОСК являются: моральный и физический износ, высокая неравномерность поступления сточных вод, неподготовленность персонала, низкий уровень оснащенности, высокие эксплуатационные и капитальные затраты.

Для оценки качества сбрасываемых сточных вод служит норматив допустимого сброса (НДС), который устанавливается на уровне предельно допустимых концентрации (ПДК) водных объектоврыбохозяйственной категории водопользования: ВВ=10 (15) мг/л,$БПК_{полн}$=10 (15) мг/л, NH_4^+=0,5 мг/л, NO_2^- = 0,08 мг/л, NO_3^-= 40 мг/л, PO_4^{3-} =0,6 мг/л.

Современные природоохранные нормативы требуют внедрения технологий глубокой очистки от соединений азота и фосфора до ПДК водных объектов рыбохозяйственной категории практически для всех объектов канализации, даже в небольших сельских поселениях. На большинстве малых очистных сооружений канализации (ОСК) запроектирована биологическая очистка, которая не обеспечивает удаление от азота и фосфора на уровне НДС.

Цель – оценка данных об эффективности работы малых очистных сооружений канализации (ОСК) Вологодского района.

В ходе исследования были проанализированы 19 малых ОСК Вологодского района по расходу и по следующим показателям: взвешенные вещества, $БПК_{полн}$, PO_4^{3-}, $NO_2^-NO_3^-NH_4^+$ за 2010-2015 года.

Анализируемые объекты были классифицированы по производительности и результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ производительности станций

Производительность, $м^3$/сут	Количество ОСК					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<50		7	6	7	7	8
50-100	3	1	2	4	6	4
100-500	10	10	9	7	5	6
>500	2	1	1	1	1	1
Всего	15	19	18	19	19	19

Можно сделать вывод об имеющемся тренде уменьшения расходов.

В основном на объектах запроектирована полная биологическая очистка сточных вод в аэротенках или в компактных установках. На рисунке 1 представлены некоторые технологические схемы биологических очистных сооружений.

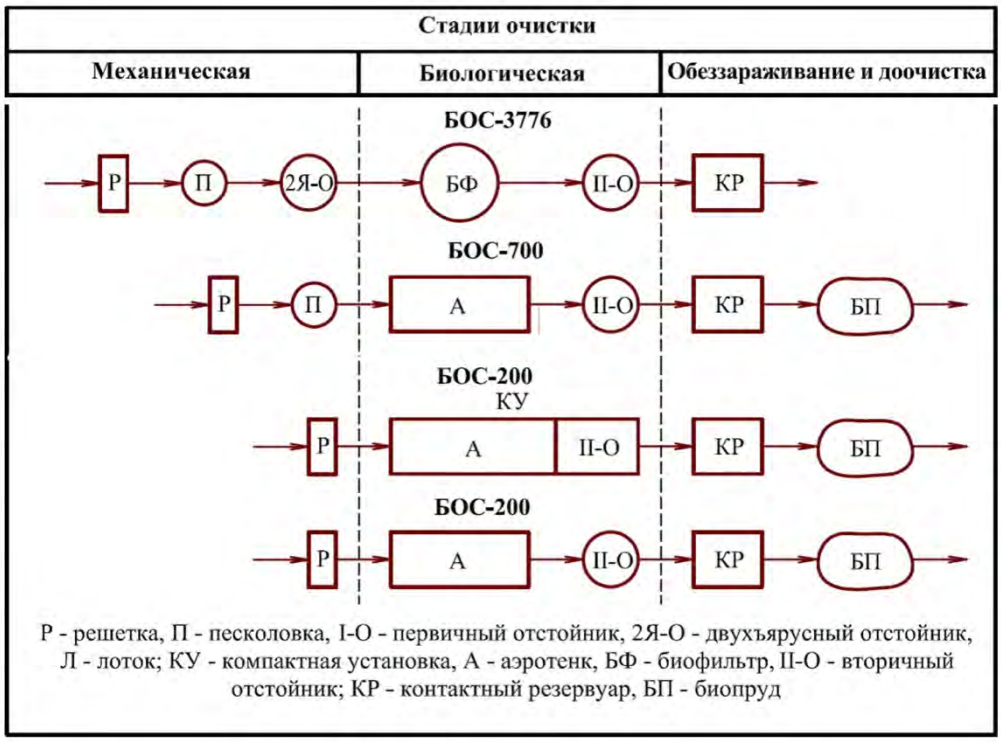


Рис. Технологические схемы биологических очистных сооружений (БОС)

Также были проанализированы показатели качества очищенной воды, для этого проведена оценка вероятности обеспечения концентраций, которая определяется по формуле:

$$W_{обесп,i} = \frac{N_{ij}}{N_{общ}} \cdot 100,\%,$$

где N_{ij} – номер ряда концентрации загрязняющего вещества от 1 до $N_{общ}$;

$N_{общ}$ – общее количество концентраций загрязняющего вещества.

Для нахождения частоты обеспечения составлялся ранжированный ряд от минимального к максимальному значению при этом каждому ряду присваивался номер, затем по формуле находили частоту обеспечения и строился график $W_{обесп,\,i} = f(C_i)$.

По результатам расчетов была составлена таблица 2 по всем показателям, из которой видно, что достижение нормативов по фосфору обеспечивается в 22,6%, а по аммонию – 21,4%. В сравнение с нитратами – достижение норматива обеспечивается в 97%.

Таблица 2

Оценка вероятности обеспечения концентраций

ВВ	Сех,i, мг/л	<2	<4	<8	<10	<15	<20	<40
	Wобесп,i, %	24,5	49,1	65,1	69,8	82,1	84	93,4
$БПК_{полн}$	Сех,i, мг/л	<1	<3	<5	<7	<10	<15	<20
	Wобесп,i, %	24	67,3	78,8	86,5	90,4	92,3	97,1

Окончание табл. 2

NH_4^+	Сех,i, мг/л	<0,1	<0,2	<0,3	<0,4	<0,5	<1	<3
	Wобесп,i, %	7,8	12,6	15,5	18,5	21,4	37,9	57,3
NO_2^-	Сех,i, мг/л	<0,01	<0,03	<0,08	<0,1	<0,3	<1	<2
	Wобесп,i, %	3,7	22,2	42,6	49,1	78,7	91,7	97,2
NO_3^-	Сех,i, мг/л	<0,1	<0,5	<1	<3	<5	<10	<40
	Wобесп,i, %	5,1	20,2	29,3	54,6	72,7	86,9	97
PO_4^{3-}	Сех,i, мг/л	<0,1	<0,3	<0,6	<1	<2	<3	<5
	Wобесп,i, %	2,9	8,8	22,6	43,1	71,6	84,3	95,1

Таким образом, можно сказать, что для достижения природоохранных нормативов требуется максимально использовать имеющиеся на объекте резервы повышения эффективности, реконструкция или капитальный ремонт очистных сооружений. Требуется также оптимизировать эксплуатационные параметры объекта: сокращение удельных эксплуатационных затрат, актуализация технологического регламента, повышение технического оснащения станции, переподготовка кадров, разработка и внедрение методик оперативного лабораторного (технологического) контроля и др.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В.О. Говоров
Научный руководитель ***Ж.М. Говорова,*** *д-р техн. наук, профессор*
Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет
г. Москва

Обеспечение современных санитарно-гигиенических нормативов качества очищенной воды, снижение энергоёмкости, повышение эффективности работы и уровня эксплуатации действующих станций обезжелезивания, реализующих метод предварительной аэрации воды путём подачи в исходную воду сжатого воздуха с последующим фильтрованием через слой инертной песчаной загрузки является актуальной задачей.

Одним из путей решения такой задачи является усовершенствование и внедрение технологии обезжелезивания за счёт применения биореакторов со струйной вакуумной эжекцией (БСВЭ) и фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой ФПЗ-1 [1, 2].

В качестве примера рассмотрены результаты работы станции обезжелезивания ВНС-2 г. Жуковский производительностью 10,0 тыс.м^3/сут после реконструкции и модернизации [3].

Станция обезжелезивания была оборудована биореакторами (БР1, БР2) диаметром 3 м и высотой 8,1 м, вода после которых подавалась на фильтры с плавающей загрузкой (первая технологическая линия - ФПЗ-1.1…1.4, вторая технологическая линия - ФПЗ-1.5…1.8). Скорость фильтрования воды на биореакторах составляла от 16,4 до 27 м/ч, на фильтрах с плавающей загрузкой – от 4,7 до 8,3 м/ч.

В качестве контактной загрузки биореактора и фильтра использовались вспененные гранулы пенополистирола соответственно крупностью 4-8 мм толщиной слоя 1,7 м и 0,8-1,3 мм толщиной слоя 1,5 м. Продолжительность фильтрования воды между промывками на биореакторах не превышала 7 суток, на фильтрах – 24 часа.

Подземная вода, поступающая на очистку, в зависимости от режима работы группы скважин на водоводы за период наблюдения характеризовалась содержанием железа общего от 2,6 до 8,8 мг/л, марганца – от 0,14 до 0,45 мг/л и ионов аммония – от 0,67 до 1,44 мг/л. Вода имела сероводородный запах интенсивностью 2-3 балла.

На рисунке 1 представлены графики, отражающие динамику изменения концентрации железа и марганца в воде по ступеням очистки после предварительной зарядки загрузки биореакторов в течение 5-6 суток и фильтров в течение 48 часов.

При значительных колебаниях качества исходной воды и гидравлической нагрузки через месяц работа биореакторов стабилизировалась. При этом концентрация железа на выходе из них не превышала 1,6 мг/л, а затем снижалась до 0,8-1 мг/л. Эффективность обезжелезивания составляла 95,1-99,4%.

Концентрация железа в очищенной воде после фильтров не превышала 0,3 мг/л, а их эффективность на протяжении периода наблюдений составляла в среднем 80,2%. Отдельные пики на графиках указывали на накопление осадка в толще загрузки, который затем удалялся во время промывки.

Процесс деманганации протекал несколько иначе. Концентрация марганца в воде на выходе из биореактора практически не изменялась, а в отдельных случаях превышала исходную. В то же время эффективность удаления марганца в толще фильтрующей загрузки медленно, но постепенно увеличивалась и примерно через полгода работы станции фильтры первой технологической линии начали обеспечивать нормативную степень очистки воды до данному показателю.

Наряду с обезжелезиванием в биореакторах наблюдалось по сравнению с исходной водой снижение свободной углекислоты, повышение окислительно-восстановительного потенциала с -22,3 ÷ -30,74 до 81,50-115,04 мВ и pH с 6,72-7,23 до 7,64-7,73. Что касается очищенной воды после фильтров, то её pH несколько снижался (7,42-7,5), а Eh увеличивался до 149,51-163,54 мВ по сравнению с водой, прошедшей биореакторы.

Оценка работы в течение четырех лет промышленной станции обезжелезивания с БСВЭ и ФПЗ-1 подтвердила эффективность и перспективность дальнейшего применения усовершенствованной технологии на аналогичных объектах ВКХ.

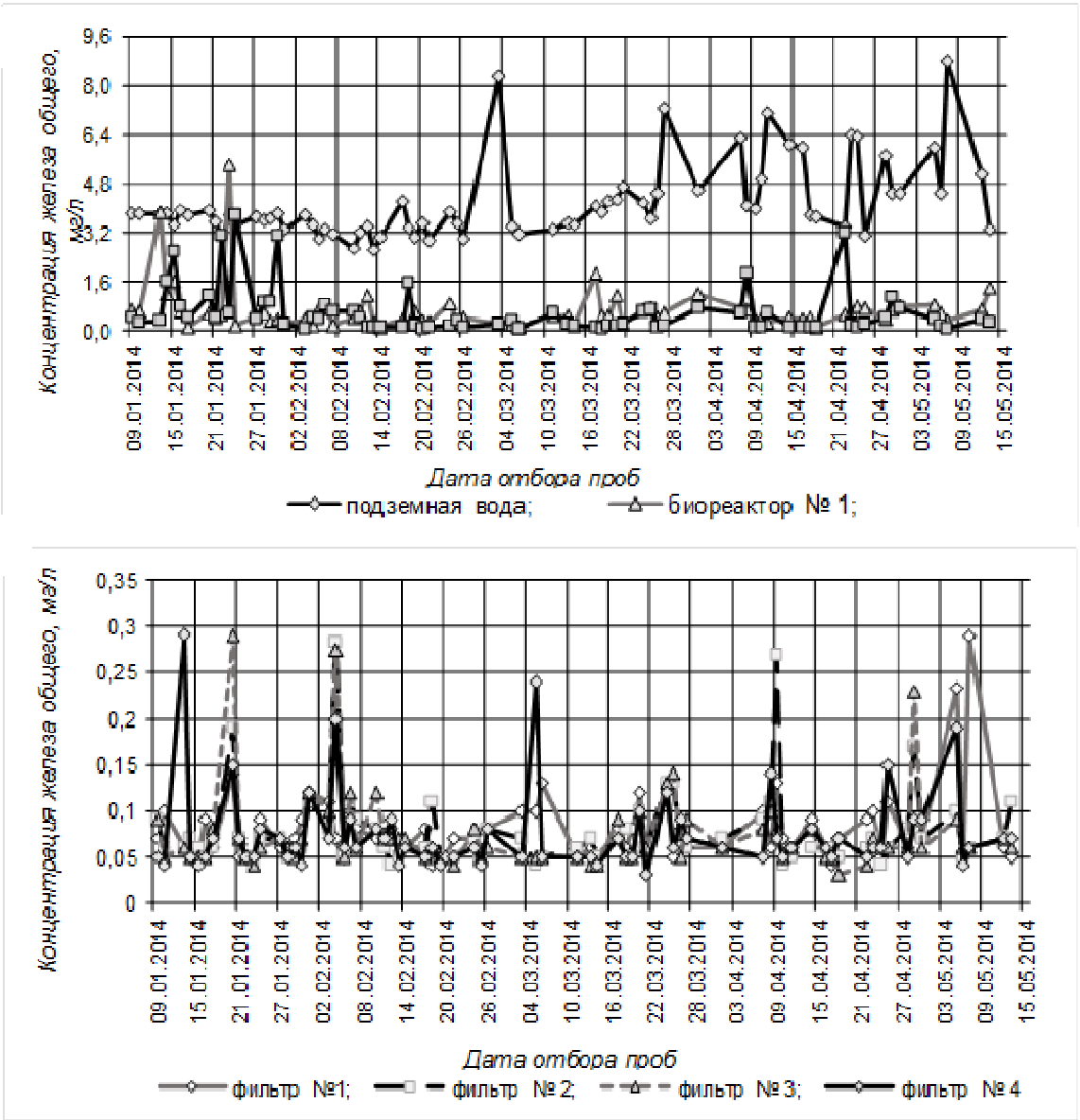


Рис. Изменение концентрации железа в подземной и очищенной воде на выходе из биореакторов (а) и фильтров (б)

1. Журба М.Г., Говоров О.Б., Говорова Ж.М., Квартенко А.Н. Исследование и опыт внедрения инновационных технологий кондиционирования подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 9. – С. 38-48.

2. Журба, М.Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. Научное издание. – Москва, 2011. – 536 с.

3. Говоров О.Б., Говоров В.О. Безреагентная технология обезжелезивания и деманганации подземных вод: обоснование, исследование, внедрение / С.О.К. 2017. № 6. – С. 27-31.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БОЛЬНИЧНЫХ СТОКОВ

Д.М. Исаенко
Научный руководитель ***И.В. Журавлева,*** *канд. техн. наук, доцент*
Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж

Проблема очистки больничных сточных вод недооценивается, так как считается, что они аналогичны хозяйственно-бытовым сточным водам. В больничных учреждениях обычно не предусматривают очистку сточных вод, что может привести к возникновению заражений и эпидемиям.

Современное решение для очистки сточных вод больничных комплексов [1]с использованием электрохимической обработки позволит очистить от концентрированных органических соединений, крови и исключить попадание их в канализационную сеть.

Очистка воды от растворенных органических веществ и осадка достигается за счёт трехслойного фильтрования, пропуска сточной воды через электрическое поле. В результате снижается металлоёмкость оборудования, обеспечивается высокая степень очистки воды от растворенных органических веществ и азота аммонийного.

В качестве фильтрующей загрузки используется гранулированный алюминий, силицированный кальцит и активированный уголь. Необходимо предусматривать электрохимические источники тока –катод и анод, при помощи которых должно создаваться электрическое поле напряженностью 500-600В/м со скоростью фильтрования15-18 м/ч.

Загрузка фильтра требуется в строгой последовательности: нижний слой – активированный уголь, средний слой – силицированный кальцит, верхний слой –гранулированный оксид алюминия. Материалы являются электропроводными и имеют разные значения потенциала. Материал верхнего слоя электроотрицательный и способен образовывать нерастворимый гидроксид. Материал нижнего слоя электроположителен. Между верхним и нижним слоем находится неэлектропроводный зернистый фильтрующий материал.

Модель электрохимического фильтра приведена на рис. 1.

Принцип работы фильтра заключается в следующем: при пропускании сточной воды сквозь фильтрующую загрузку создаётся электрический ток, затем создаётся электрическое поле с напряженностью 500-600 В/м и со скоростью фильтрования 15-18 м/ч между заряженными слоями. Под действием тока растворяется электроотрицательный материал, ионы которого образуют коагулянт на зернах фильтрующей загрузки среднего слоя. В верхнем и нижнем слое происходят окислительные и восстановительные реакции, которые существенно влияют на эффект очистки воды при наличии в ней органиче-

ских загрязнителей, твёрдых частиц. В нижнем слое активированный уголь выполняет функцию сорбента.

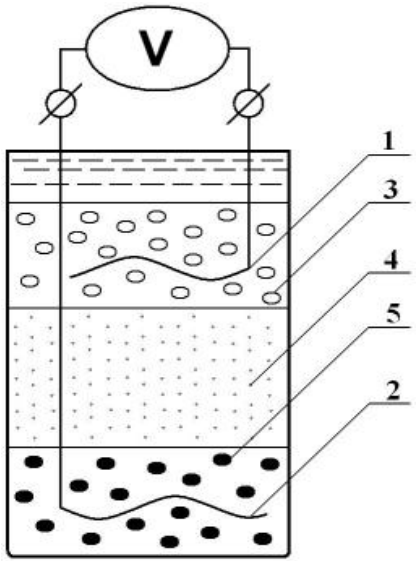


Рис. 1. Модель электрохимического фильтра:

1 – анод;
2 – катод;
3 – электроотрицательный металл;
4 – минеральный зернистый материал;
5 – электроположительный материал

На алюминиевом электродеэлектрохимического фильтра (рис. 2) протекают ионные реакции:

- на аноде $Al = Al^{3+} + 3e^{-}$;
- на катоде $\frac{3}{4}O_2 + \frac{3}{2}H_2O + 3e^{-} = 3OH.$

В результате в среднем слое происходит следующая реакция:

$$Al + \frac{3}{4}O_2 + \frac{3}{2}H_2O = Al^{3+} + 3OH^{-}.$$

Результатом этой реакции является образование коагулянта:

$$Al^{3+} + 3OH^{-} = Al(OH)_3.$$

Основным механизмом очистки сточной воды в таких фильтрах является действие молекулярных сил, под влиянием которых происходит закрепление твёрдых частиц на фильтрующей загрузке.

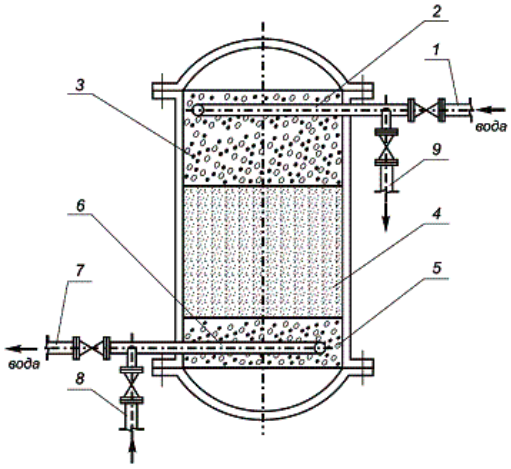


Рис. 2. Электрохимический фильтр:

1 – подача исходной воды;
2 – распределительная система;
3 – гранулированный оксид алюминия;
4 – фильтрующий зернистый материал;
5 – активированный уголь;
6 – сборная система;
7 – отвод очищенной воды;
8 – подача промывной воды;
9 – отвод промывной воды

При этом учитывается, что зернистая минеральная загрузка расположена в электрическом поле, созданном электродами разной полярности (рис.3). Под действием электрического поля происходит поляризация зёрен диэлектрика с образованием связанных зарядов. При фильтровании загрязненной воды в поляризованном зернистом материале частицы загрязняющих веществ закрепляются на зернах загрузки за счёт действия электростатических сил.

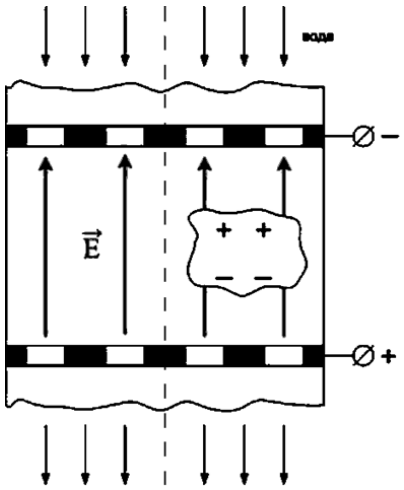


Рис. 3. Поляризация зерен фильтрующего зернистого материала

На основании исследований и анализа результатов построен график изменения показателей загрязнений (в г/м^3=мг/л) при изменении скорости фильтрования (рис. 4) и при изменении напряженности электрического поля (рис. 5).

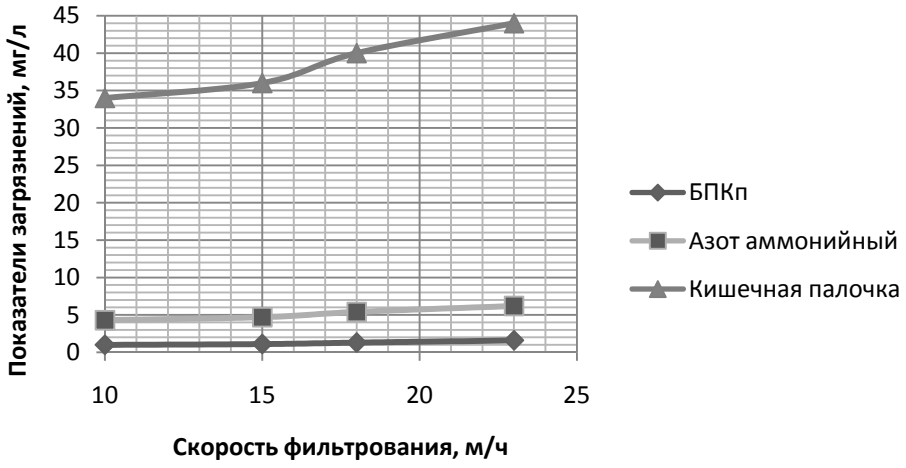


Рис. 4. Влияние скорости фильтрования на изменения показателей очистки

Низкие скорости фильтрования нецелесообразны из-за увеличения металлоёмкости оборудования и энергозатрат на очистку сточной воды, а более высокие – приводят к увеличению $БПК_п$.

Таким образом, наилучшей будет скорость фильтрования равная 15 м/ч.

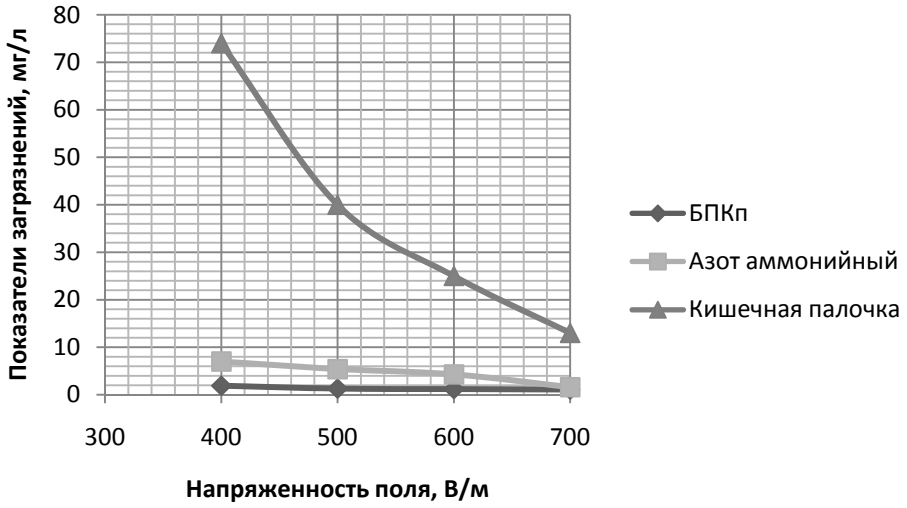


Рис. 5. Влияние напряженности электрического поля на изменения показателей очистки

Уменьшение напряженности электрического поля менее 500В/м приводит к увеличению $БПК_п$, а увеличение напряжённости более 600 В/м - к увеличению затрат на очистку сточной воды.

Выводы:

1. Предложена очистка больничных стоков по патенту [1].

2. Фильтры оборудованы:

- алюминиевыми анодами и графитовыми катодами,

- загрузка выполнена трехслойной. Верхний слой из алюминия, средний слой из силицированного кальцита, нижний слой из активированного угля.

3. Выбраны наилучшие технологические параметры эксплуатации фильтра:

- скорость фильтрования 15 м/ч;

- напряженность электрического поля 500-600 В/м.

4.Фильтр обеспечивает высокую очистку больничных сточных вод и делают эти стоки безопасными для человека и окружающей среды.

5. Электрохимический фильтр может использоваться не только для очистки больничных стоков, но и при реконструкции типовых фильтров с высокой концентрацией биологических загрязнений на очистных сооружениях.

1. Патент RU № 229370. МПК C02F 9/12.Способ очистки и обеззараживания сточных вод/Назаров В.Д., Русакович А.А., Гараев И.Ф., Губайдуллин М.Ф. заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». http://www.findpatent.ru/patent/229/2293708.html (Дата обращения 20.10.2017)

2. Назаров М.В. Электрохимические фильтры для очистки природных и сточных вод. http://www.rusnauka.com/28_NII_2012/Stroitelstvo/7_117547.doc.htm (сайт Дата обращения 20.10.2017)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ

О.Н. Краева
Научный руководитель ***Д.А. Заварин,*** *канд. экон. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современном мире продолжается интенсивный процесс роста городов, увеличения площади и плотности застройки. Для полноценного функционирования зданий и помещений необходима развитая сеть инженерных коммуникаций. Значимой её частью являются системы водоотведения.

При строительстве канализации особенно важно соблюдение уклона трубы. Его значение зависит в первую очередь от вида канализационной системы: самотечная или напорная и от диаметра пролагаемых труб. При этом несоблюдение уклона может привести к серьёзным нарушениям в работе канализационной системы.

В связи с этим важным этапом строительства системы водоотведения является вынос на местность высотных отметок. Для этих целей могут использоваться различные как традиционные, так и современные геодезические приборы. Выбор оптимального способа выноса на местность объекта водоотведения зависит от различных факторов. Наиболее значимыми из них являются объем и сроки выполняемых работ, квалификация работников и требования, предъявляемые к точности местоположения строящегося сооружения.

Традиционно для выноса высотных отметок использовались нивелиры (рис. 1) и нивелирные рейки. При этом для измерений необходимы два человека: один работает у прибора, а другой перемещает рейку.

Рис. 1. Нивелир Vega L24

Такой способ выноса высотных отметок требует достаточно больших временных затрат и предварительной подготовки специалистов.

Существенным его достоинством является точность. С помощью высокоточных нивелиров можно достичь точности измерений до долей миллиметра. Благодаря этому, становится возможным точное соблюдение практически любой величины уклона трубы. Поэтому нивелиры целесообразно применять для небольших по объему, но требующих высокой точности проектов.

При высотных измерениях технической точности экономически оправданным является использование таких инновационных приборов как электронный тахеометр и ГНСС.

При работе с современным безотражательным электронным тахеометром (рис. 2) доступность для человека измеряемого объекта не обязательна, а необходимыми условиями являются прямая видимость и малое расстояние (до 500 м). Вследствие данной особенности выполнять измерения электронным тахеометром может один человек у прибора. Измерения при этом занимают меньшее количество времени, чем измерения с помощью нивелира, но также предполагают высокую квалификацию работников.

Точность выноса высотной отметки электронным тахеометром несколько ниже, чем нивелиром (5-15 мм). Однако этот способ более универсален, быстр и дешев, что позволяет использовать его для достаточно больших по объему работ, требующих при этом соблюдения высоких требований к точности.

Особую нишу в высотных измерениях в строительстве занимает такой инновационный вид геодезических измерений, как ГНСС технологии (рис. 3). Самый совершенный ГНСС метод – RTK (измерения в режиме реального времени) позволяет достигнуть точности 2-3 см, что является зачастую недостаточным для прокладки канализационных труб с необходимым уклоном. Но в случае выноса на местность высотных отметок больших по протяженности объектов, не требующих соблюдения уклона или имеющих значительные перепады, является наиболее оптимальным. Этот способ имеет некоторые ограничения, но может использоваться в любую погоду, менее требователен к подготовке пользователя оборудования и обладает высокой эффективностью.

Рис. 2. Электронный тахеометр Sokkia FX-105

Рис. 3. Моноблок ГНСС Sokkia GRX2 и полевого контроллера SokkiaSHC250

Следовательно, геодезические методы при определении высотного положения объектов водоотведения можно свести к трём типам: геометрическое нивелирование, тригонометрическое нивелирование, ГНСС-технологии. Рассмотрим каждый из этих способов в трёх аспектах: цена оборудования, производительность и требования к пользователю.

В геометрическом нивелировании комплект оборудования обойдётся порядка 10-20 тыс. рублей, площадь производимых работ при этом 100*100 м, требования к пользователю относительно невысокие, т.к. например нивелир с компенсатором достаточно легко осваивается человеком со средним техническим образованием. Например, 2/3 прорабов умеют им пользоваться.

Электронный тахеометр стоит порядка 300-400 тыс. рублей в комплекте с соответствующим оборудованием, площадь производимых работ 500*500 м, требования к пользователю высокие. Работать с угломерными приборами могут только люди, имеющие специализированное геодезическое образование.

Комплект ГНСС-оборудования стоит от 300 тыс. до 1 млн. рублей в зависимости от комплектации. Площадь производства работ достигает нескольких десятков квадратных километров. Требования к пользователю относительно невысокие. Подавляющее большинство уверенных пользователей ПК могут разобраться с современным ГНСС комплектом, в который входит полевой мини-компьютер – контроллер.

Таким образом, можно сделать вывод, что геометрическое нивелирование – это дешево, просто, но малопроизводительно; электронный тахеометр – дорого, требует высокой подготовки пользователя, производительно; ГНСС-технологии – очень дорого, очень производительно, очень просто.

1. Заварин, Д. А. Концепция активизации инновационной деятельности в строительстве / Д. А. Заварин // Проблемы и перспективы развития современ-

ной науки и образования: сборник статей международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 105-110.

2. Заварин, Д. А. Основные направления развития строительства на инновационной основе // Журнал Фундаментальные исследования. – Пенза: Издательский дом "Академия Естествознания", 2014. – С. 1805–1810

3. СП 126.13330.2012 Свод правил. Геодезические работы в строительстве: актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84: утв. Минрегионом РФ 29.12.2011 № 635/1. – Введ. 1.01.2013 г. – ФАУ «ФЦС», 2012. – 84 с.

НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ю.В. Крылова
Научный руководитель ***А.А. Кулаков,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Системы водоотведения малых населенных пунктах формируются с учетом рассредоточенности этих объектов, отсутствия требуемой инфраструктуры, недостатка специализированных эксплуатирующих организаций и инженерных кадров, высокой себестоимостью очистки сточных вод [1,2]. Наиболее часто встречающимся решением для данных объектов являются заводские установки, обладающие простотой транспортировки и удобством монтажа. Однако они имеют и недостатки.

Установки очистки бытовых сточных вод не позволяют четко разграничить требуемые технологические процессы в малом объеме, небольшая глубина емкостей препятствует эффективному протеканию процессов аэрирования и илоразделения, а высокая неравномерность поступления сточных вод на очистку приводит к выносу активного ила из системы.

Целью работы является интенсификация работы заводских канализационных очистных сооружений.

В рамках работы исследованы канализационные очистные сооружения (далее – КОС) хозяйственно-бытовых сточных вод производительностью 30м^3/сут, расположенные в сельском поселении Вологодской области.

Бытовые сточные воды поступают в приемную камеру, где располагается решетка, задерживающая крупные загрязнения, после чего поступают в заводскую установку. Локальные очистные сооружения представляют собой цилиндрический резервуар подземного исполнения диаметром 2000мм, длиной 8700мм, включающий в себя аэротенк, отстойник и фильтр-биореактор доочистки. Для удобства обслуживания и эксплуатации емкость имеет три колодца диаметром 1000мм. Очищенные сточные воды, пройдя ультрафиолетовое

обеззараживание, отводятся через сборный колодец в реку. Избыточный активный ил согласно проекту должен собираться в накопитель, уплотняться и вывозиться с объекта (по факту – ила нет).

Наблюдается высокая неравномерность поступления сточных вод на рис. 1, в некоторых случаях превышающих проектную производительность очистных сооружений, что негативно сказывается на работе установок.

Данные о составе поступающих сточных вод приведены в таблице.

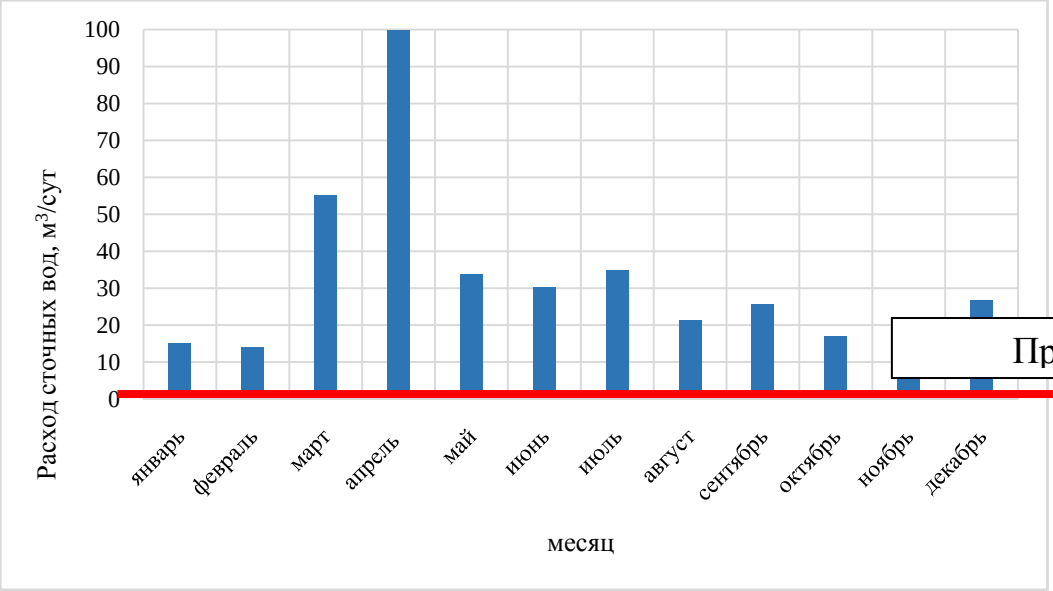


Рис. 1. Динамика поступления сточных вод на очистку

Таблица

Концентрации загрязняющих веществ в поступающих сточных водах

Тип	Концентрация, мг/л						
	ВВ	ХПК	$БПК_5$	Аммоний-ион	Нитрит-ион	Нитрат-ион	Фосфор фосфатов
Расчетные	433,3	-	400	70	-	-	10
Минимальная	99	218	107,8	31	0,133	0,358	1,72
Средняя	245,4	457,5	190,5	96,9	0,16	0,81	10,2
Максимальная	374	668,7	346	151,2	0,222	1,19	14,3

Примечание. Расчетные концентрации равны расчетным согласно табл. 19 [3].

Исследование КОС позволило выявить ряд имеющихся недостатков:

1. Малая глубина емкостей, что не позволяет в нужной степени обеспечить процесс аэрирования и илоразделения.

2. Поступающие сточные воды имеют низкую температуру, которая не поднимается выше +12ºС в течение года.

3. Недостаточный контакт сточных вод с активным илом и составляет только 6 часов из-за малого объема сооружений.

4. В процессе очистки воды активный ил постоянно выносится из сооружений, при внесении ила с других сооружений, он через несколько дней полностью вымывается с очищенной сточной водой.

5. Блочная загрузка в фильтре-биореакторе доочистки находятся в жестком состоянии, что препятствует циркуляции сточной воды, и происходит ее зарастание.

Недостатки существующей технологической схемы приводят к низкой эффективности очистки и превышению природоохранных нормативов по БПК, азоту и фосфору, а также выносу ила. Требуется изменение технологии.

В ходе работы технологическая схема была усовершенствована с учетом данных технического обследования (рис. 2).

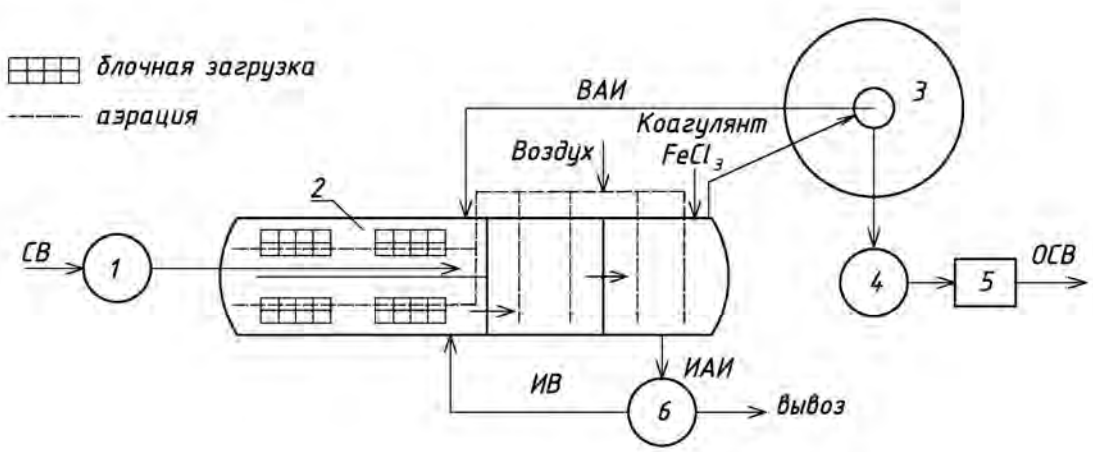


Рис. 2. Технологическая схема по повышению эффективности очистки бытовых сточных вод: 1 - приемная камера; 2 - аэротенк; 3 - вторичный отстойник; 4 - емкость очищенной воды; 5 - установка ультрафиолетового облучения; 6 - илонакопитель; СВ - сточная вода; ОСВ - очищенная сточная вода; ИАИ - избыточный активный ил; ИВ - иловая вода; ВАИ - возвратный активный ил

Разработанная технологическая схема по повышению эффективности очистки бытовых сточных вод имеет следующие этапы очистки.

Очищаемая сточная вода последовательно проходит через три отсека аэротенка, где располагается имеющаяся блочная загрузка, ранее применявшаяся для доочистки сточных вод. Биомасса представлена свободно плавающей (активный ил) и прикрепленной (биопленка на блочной загрузке). За счет комбинирования биомасс и регулирования концентрации растворенного кислорода в аэротенках обеспечиваются процессы денитрификации и нитрификации. Удаление фосфатов осуществляется за счет дозирования коагулянта.

Разделение иловой смеси осуществляется в запроектированном вторичном отстойнике (алгоритм расчета приведен на рис. 3). Внедрение отстойника позволяет предотвратить вынос активного ила из сооружений. Очищенная сточная вода после обеззараживания сбрасывается в водный объект, активный ил эрлифтом перекачивается в первый отсек аэротенка. Избыточный активный ил периодически выкачивается в илонакопитель, после уплотнения в котором, вывозится.

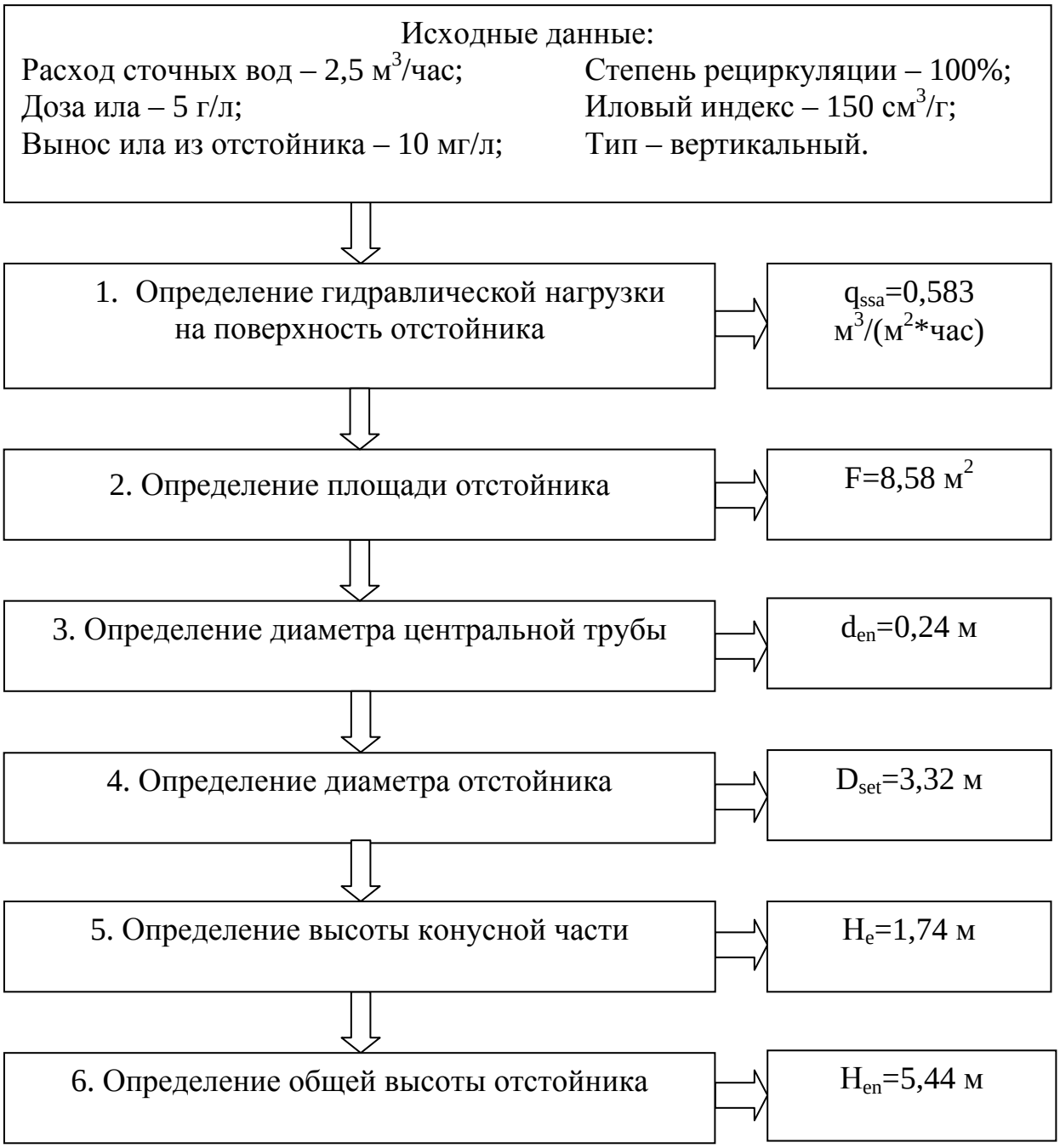


Рис. 3. Алгоритм расчета вторичного отстойника

Обследование очистных сооружений позволило оценить их работоспособность, выявить направления интенсификации их работы с учетом состава и количества поступающих сточных вод. Подобраны технологические решения по разделению активного ила со сточной водой. Внедрена конструкция вторичного отстойника, вынесенного за пределы блочного сооружения. Для повышения эффективности биологической очистки на 30% увеличен объем аэротенка и применены накопители биомассы для увеличения количества биоценоза.

Данный комплекс мероприятий позволит повысить эффективность очистки сточных вод и сократить негативное влияние на окружающую среду.

1. Оценка современного состояния малых коммунальных очистных сооружений канализации / Кулаков А.А. // Вода и экология: проблемы и решения. 2015. – №1(61). – С. 26-40.

2. Подход к совершенствованию малых коммунальных канализационных очистных сооружений/Кулаков А.А., Шафигуллина А.Ф. // Водоочистка. – 2016. – №8. – С. 28-36.

3. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ОТТАИВАНИЯ ОСАДКОВ НА ИЛОВЫХ ПЛОЩАДКАХ

Н.А. Кузнецов

Научный руководитель ***А.Н. Тянин,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Анализ данных литературы периодического издания, а также сведений по эксплуатации отдельных сооружений станций полной биологической очистки сточных вод Вологодской области подтверждает высокую проблемность осуществления процесса понижения содержания воды в подсушиваемых осадках, в первую очередь, на малых очистных сооружениях, использующих площадки гравитационного обезвоживания через слой песка.

Плохо подготовленный для обезвоживания осадок не обладает эффективной влагоотдачей, что приводит к быстрому засорению фильтрующего материала (песка) дренажного слоя. В такой ситуации осадки, направленные на иловые площадки, за короткий летний период не успевают достичь минимальной влажности 75-80% для эффективного механизированного удаления с помощью одноковшовых погрузчиков.

Перечень технологических приемов, применяемых повсеместно для подготовки разнообразных по свойствам осадков, представляется в виде: гравитационного уплотнения, стабилизации органической части в аэробной или анаэробной среде, кондиционирования посредством различных физических, химических и высокотемпературных воздействий [1, 2].

Объем образующихся осадков и их физико-химические свойства зависят от количества и показателей загрязненности сточных вод, принятого состава сооружений очистки сточных вод.

Одним из направлений применения способа кондиционирования на малых очистных сооружениях является замораживание с последующим оттаиванием (рис.).

Осадки, образовавшиеся в процессе очистки смеси бытовых и производственных сточных вод в двухъярусных отстойниках (эмшерах) и прошедшие анаэробное сбраживание, а также осадки в виде избыточного активного ила из вторичных отстойников после аэробной стабилизации, могут направляться для обезвоживания на иловые площадки. Такие осадки являются слабоструктурированными биоколлоидными полидисперсными системами с высоким содержанием воды. Влажность осадка из двухъярусных отстойников составляет в среднем 90%, а после вторичных отстойников 98%.

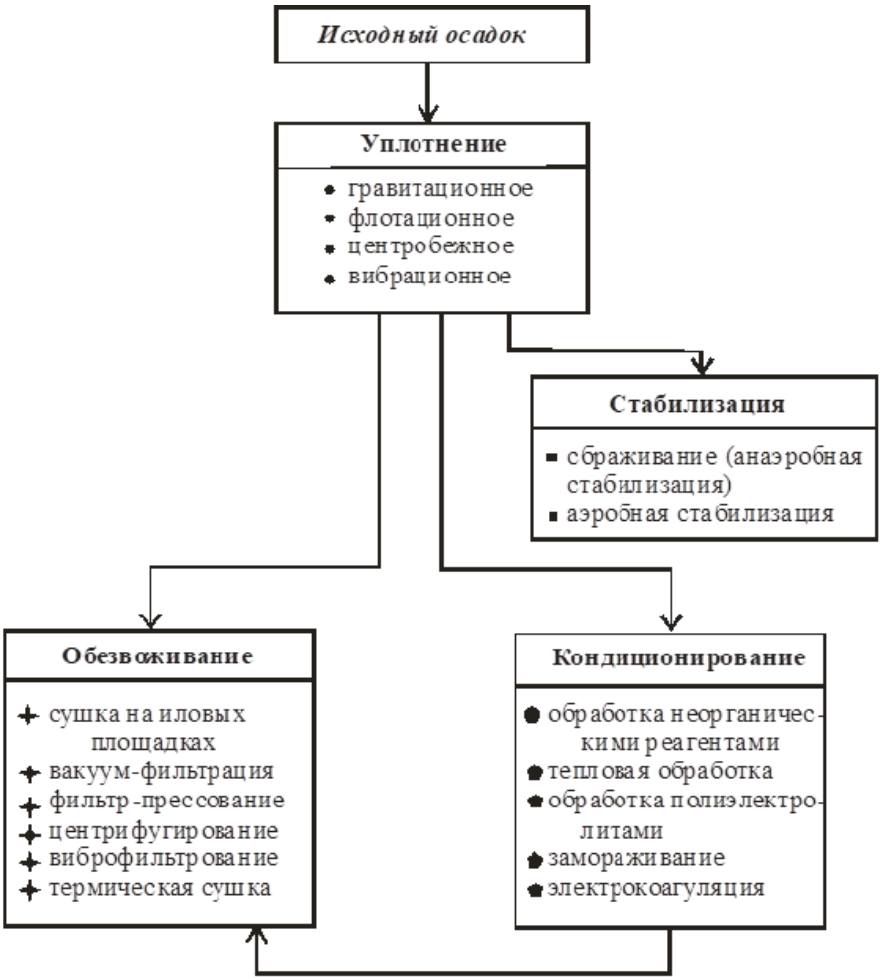


Рис. Схема обработки осадков сточных вод [4]

Иловые площадки малых очистных сооружений, построенные в Вологодской области для подсушки осадков сточных вод, как правило, имеют твердое искусственное основание, оборудуются дренажной системой и могут быть приспособлены под процесс замораживания и оттаивания осадков.

Технология предварительного кондиционирования осадков путем замораживания, последующего оттаивания, дальнейшего обезвоживания и подсу-

шивания на иловых площадках станций полной биологической очистки сточных вод в настоящее время по-прежнему является предметом исследований [3,4,5].

При замораживании осадков кристаллизуется, в первую очередь, свободная вода, образуя поверхностный слой льда. Молекулы воды ориентируются таким образом, чтобы обеспечивать дальнейшее образование кристаллов льда, при этом твердые частицы вытесняются из слоя кристаллизующейся жидкости в слой осадка [4].

При применении площадок гравитационного отделения влаги для замораживания осадков в естественных условиях низких температур окружающего воздуха разделение твердой и жидкой фаз приводит к накоплению слоя уплотняемого осадка на дне сооружения, т.е. с противоположной стороны относительно поверхности теплообмена. В этом случае замерзание твердых и коллоидных частиц происходит в последнюю очередь. Для обеспечения максимального образования свободной влаги при изменении структуры осадка необходимо полное замораживание всего слоя осадка.

Лучшими водоотдающими свойствами обладает осадок, замороженный при небольших отрицательных температурах, характеризующих низкие скорости движения фронта образующегося льда. При постепенном процессе промораживания осадка, можно достичь более полного высвобождения связанной воды. При таких условиях вся связанная влага, способная к диффузии, успевает перейти в межклеточное пространство, где она и затведевает. Избыточное давление, наблюдаемое при расширении кристаллизирующейся воды, способствует коагуляции и укрупнению обезвоженных частиц твердой фазы осадков. Чередование полного промораживания осадка и последующего оттаивания позволяет существенно снижать значение его удельного сопротивления до $(1\text{-}16)\cdot 10^{10}$ см/г [1,5].

Технология кондиционирования и обезвоживания осадка на иловых площадках на протяжении зимы и весны может быть реализована с соблюдением следующих стадий обработки: разлив осадка, гравитационное уплотнение осадка, слив верхнего слоя осветленной влаги, замораживание всего слоя осадка, его оттаивание, удаление выделившейся свободной влаги, подсушивание.

Низко интенсивное замораживание и оттаивание осадков обеспечивает изменение их структуры, позволяет снизить удельное сопротивление, уменьшить количество загрязнений по показателю «взвешенные вещества» в дренажной воде, увеличить нагрузку и производительность иловых площадок [3].

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 223 с., ил.

2. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: учеб. пособие, часть 1 / Сиб гос индустр. ун-т. – Новокузнецк: Сиб- ГИУ, 2010. – 139 с.

3. Зайнуллин Р.Р., Галяутдинов А.А. Применение процессов замораживания и оттаивания осадков сточных вод. // Межд. Научн. Журнал «Инновационная наука». 2016. – № 6. – С. 72-74.

4. Мисбахов Р.Ш., Мизонов В.Е. Ячеестая модель фазового перехода в сферической капле при охлаждении. // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – № 8. – С. 71-74.

5. Веригина Е.Л. Изучение изменения свойств осадков городских сточных вод на площадках естественной сушки. // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 1(19). – С. 91-98.

ПРОМЫВКА СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

С. В. Куклин
Научный руководитель ***Е.А. Мезенева,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одним из важнейших процессов при использовании скорых фильтров является промывка фильтрующего слоя. Вследствие плохой промывки становятся хуже свойства фильтрата, уменьшается коэффициент полезного действия и замедляется время фильтроцикла очистных сооружений. Промывка загрузочного слоя фильтров во многом определяет эффективность работы скорых фильтров.

На сегодняшний день чаще всего используются следующие виды промывки: обратным потоком воды, верхняя промывка, водовоздушная, пульсирующая, промывка в фонтанирующем слое с попеременно меняющимся по площади интенсивностью подачи воды. Значительно повышают эффективность отмывки фильтрующей загрузки верхняя поверхностная промывка. При поверхностной промывке наиболее загрязненные верхние слои песка промываются струями воды, выходящими из отверстий промывной трубчатой системы, располагаемой над поверхностью фильтрующего слоя. Применяются две системы верхней промывки скорых фильтров: вращающаяся и стационарная.

Оценивая промывку всходящим потоком воды, необходимо подчеркнуть, что не всегда достигается достаточная отмывка загрузки: происходит образование комков грязи, уплотнение слоя загрузки и растрескивание поверхности. Так же при использовании промывки с равномерной по площади подачей воды происходит гидравлическое расслоение загрузки: зёрна меньшего размера во время промывки перемещаются в верхние части слоя, а зёрна большего размера – в нижние части. Процесс фильтрования от зерен меньшего размера к большим приводит к уменьшению грязеёмкости загрузки, возрастанию потерь напора на загрузке в её верхних частях, снижению фильтроцикла.

В верхней части загрузки задерживается значительная часть загрязнений, образующих очень плотную корку.

Из-за малоэффективной промывки образуются неполадки в процессе фильтрования, приводящие к выходу из строя фильтры. Увеличение остаточных загрязнений в фильтрующем слое, изменение его гранулометрического состава, смещение поддерживающих слоев и пр. – всё это является примером неэффективности промывки. Успешный процесс фильтрования очень сильно зависит от качества промывки.

Загрязнения, которые не были удалены из надзагрузочного пространства во время промывки, при фильтровании отлагаются на поверхность загрузочного слоя, что ухудшает процесс фильтрования из-за повышения потери напора, уменьшении времени фильтроцикла и снижении грязеемкости загрузки.

Причинами отделения загрязнений является увеличение гидродинамических напряжений на поверхности зерен из-за интенсивного промывного потока воды, а также столкновение зерен загрузки и их трения друг о друга.

При промывке скорых фильтров планируются исследовать комбинирование восходящего потока воды с ультразвуком и ультразвуковой кавитации.

Ультразвук - это осциллирующие движение, распространяющееся волнообразно частицами среды. Его особенность в том, что он отличается от звуков слышимого диапазона. Сравнительно легко в ультразвуковом диапазоне получить направленное излучение. К тому же ультразвук хорошо фокусируется, что способствует повышению интенсивности совершаемых звуковых колебаний. При распространении в различных средах (в твердых телах, газах и жидкостях) ультразвуковые волны создают явления, которые могут применяться в различных сферах как в науке, так и в технике.

Целью данного исследования является изучение влияния ультразвука на эффективность промывки фильтрующие слоя скорого фильтра.

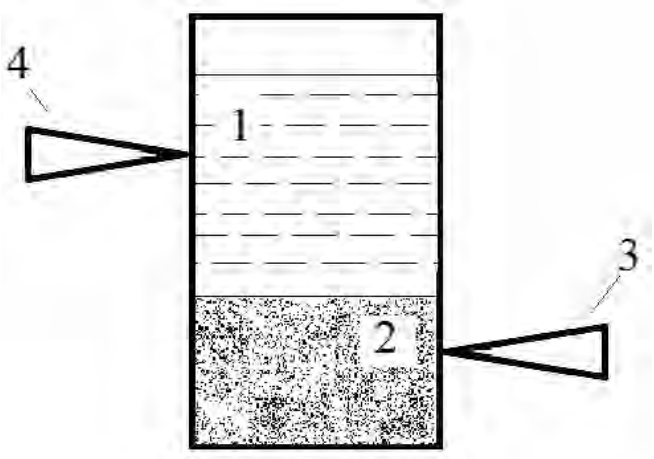


Рис. 1. Схема эксперементальной установки.
1- вода; 2- песок; 3,4- ультразвуковой излучатель

Исследования проводились в лабораторных условиях.

В качестве установки использовался ультразвуковое оборудование цилиндрического вида с двумя излучателями. Объём установки равен 1,5 литра, частота ультразвуковых волн ровна приблизительно 40 кГц. Схема установки изображена на рис. 1. В цилиндр засыпается фильтрующийся материал (кварцевый песок) весом 0,5 кг и заливается вода объемом 1 литр. После включения установки из-за потока ультразвуковых волн и образования процесса кавитации, при котором создаются пузырьки небольшого объема или пустоты в жидкости, когда пузырьки дорастают до размеров, при которых они больше не могут поглощать энергию, они быстро лопаются и начинается «движение» воды. В ходе процесса кавитации загрузочный слой песка перемешивается с водой – мутность повышается. В ходе опыта были отобраны пробы с разной периодичностью. Опыт повторялся три раза.

В ходе исследования определено содержание взвешенных веществ. Результаты измерений предоставлены в графике (рис. 2).

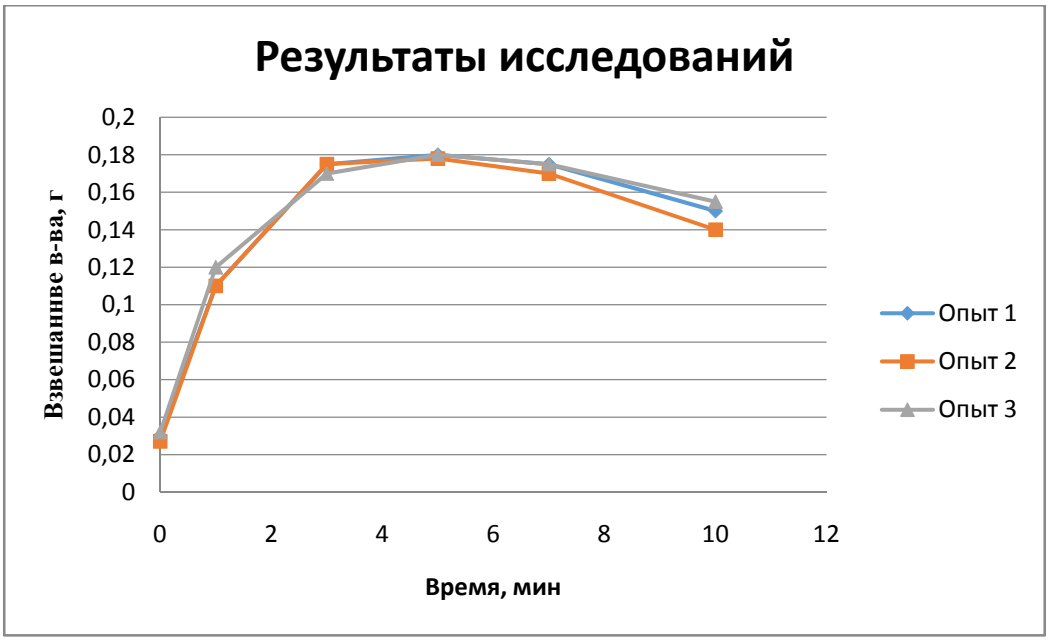


Рис. 2. Результаты измерений

В ходе обработки результатов эксперимента можно сделать вывод, что продолжительность применения ультразвука эффективно не более 5 минут. В ходе проведения исследования была доказана работоспособность ультразвуковой установки для применения промывки скорых фильтров

1. Журба М. Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. Научное издание. – М., 2011 – 536 стр. 293 ил. ISBN 978-5-87851-421-7

2. Мельцер В. З. Фильтровальные сооружения в коммунальном водоснабжении. – М.: Стройиздат, 1995.-176 с.: ил. ISBN 5-274-01356-2

3. Сиротюк, М. Г. Акустическая кавитация. — М.: Наука, 2008. – 271 с.

4. http://www.uzo.matrixplus.ru/kavitac.htm

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДАЭРАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

М.А. Куцевол
Научный руководитель ***А.А. Кулаков,*** *канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Проблема обработки осадков сточных вод на сегодняшний день является важной и актуальной в сфере коммунального хозяйства. Качество получаемых после очистки сточных вод зависит от эффективности работы стадий их предварительной очистки.

Процесс уплотнения избыточного активного ила (ИАИ) является важным технологическим узлом, позволяющим значительно сократить объемы осадка и затрат на его последующую стабилизацию и обезвоживание.

Интенсификация уплотнения, выражаемая в ускорении процесса седиментации и/или частичном обеззараживании, возможна за счет добавления различных присадок (например, зола от ТЭЦ), извести, коагулянта, обработки ультразвуком и другие.[2]

Одним из возможных направлений интенсификации процесса уплотнения является предварительное аэрирование осадка.

Целью работы являлось исследование влияния процесса аэрирования на седиментационные и влагоотдающие характеристики осадка.

Исследования проводились с реальный активным илом с очистных сооружений канализации г. Вологды, отобранный после вторичного отстойника с влажностью 98,9%, дозой по сухому веществу 9,4 г/л.

Моделирование процесса двухступенчатого аэрирования с последующим уплотнением:

Аэрирование ИАИ.

Уплотнение проаэрированного ила.

Аэрация уплотненного ила.

На первом и третьем этапе при оценке процесса седиментации процесс моделировался в литровых цилиндрах. Через равные промежутки времени замеряись значения объема ила, определялось удельное сопротивление фильтрации (УСФ) [2] и определялась скорость потребления кислорода. При моделировании использовались цилиндры объемом 1000 мл, воздуховоды, компрессор, установка для определения УСФ и датчик анализатор кислорода.

2 этап проходил статично, без снятия показаний, в связи с уплотнением осадка после 1 этапа аэрирования.

Оценка влияния процесса предаэрации на последующее уплотнение.

Результаты исследования (рисунок) показали что, при аэрации ИАИ в течение 5 часов наибольший эффект оказывает 3-х часовая аэрация. Объем уп-

лотненного ИАИ (3 часа) достигает 760 мл, при 5 часах аэрации – 790 мл. Уплотнение ИАИ при других продолжительностях аэрации изменяются незначительно, в пределах 300 мл.

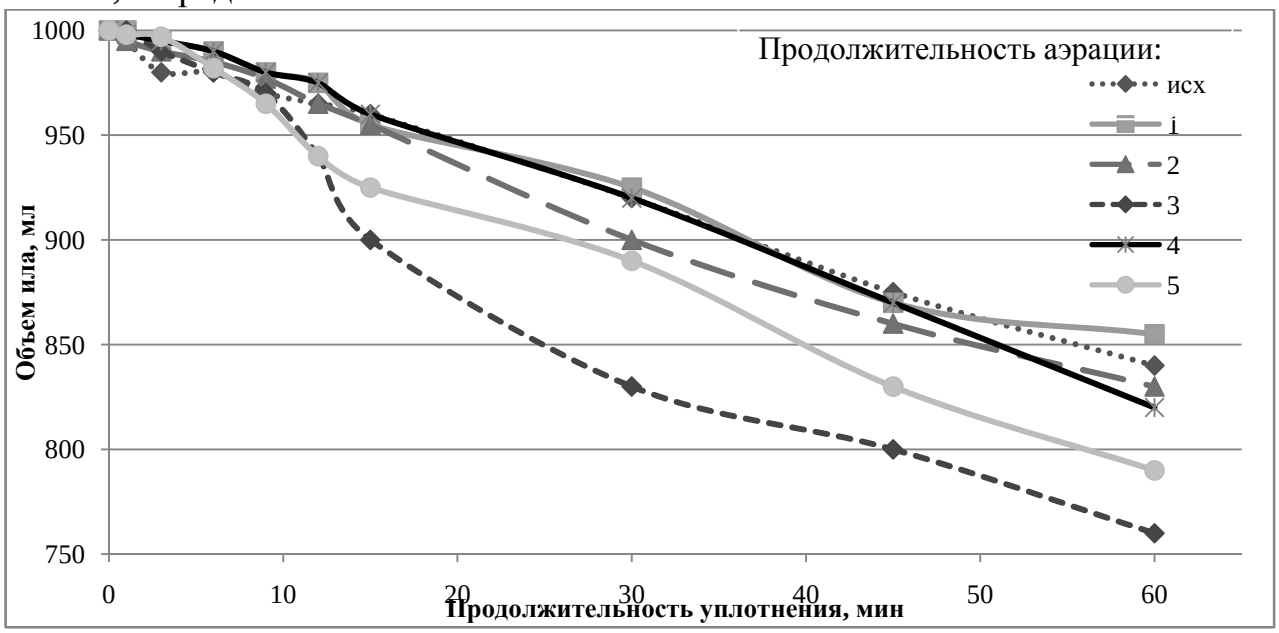


Рис. Уплотнение ила после предаэрации

Исследование скорости седиментации показало, что осаждение проходит интенсивнее в первые 30 минут, в последующее время скорость осаждения падает. Наибольшая средняя скорость часового осаждения после аэрирования продолжительностью 3 часа.

Скорость осаждения активного ила v, мм/с, для каждого временного промежутка рассчитывалась по формуле:

$$\upsilon = \frac{H_1 - H_2}{\Delta T}, \text{ мм/мин},$$

где H1 – расстояние от текущей границы раздела «вода – ил» до начального положения (высоты столба иловой смеси в начальный момент времени H0), мм;

H2 – расстояние от границы раздела «вода – ил» до начального положения в момент предыдущего замера, мм;

ΔT – время эксперимента, за которое изменяется объем иловой смеси, с.

Уровень иловой смеси в цилиндре Hi, в текущий момент времени определялось как: Hi=H0-H1 , мм

Удельное сопротивление фильтрации снижается после 2 часов аэрации (до 66,5 м-2) но возрастает после 3-х часов. Изменения УСФ не значительны и изменяются в пределах погрешности (рис. 2) УСФ после последней стадии и уплотнения, продолжительностью 9 часов, равно 488,6 м-2.

Таблица 1

Изменение скорости уплотнения

Скорость, мм/мин	Продолжительность, час					
	0	1	2	3	4	5
Предаэрация, I 30 минут	0,933	0,875	1,166	1,983	0,933	1,283
Предаэрация, II 30 минут	0,933	0,758	0,816	0,816	1,166	1,166
Предаэрация, 60 минут	0,933	0,846	0,991	1,4	1,05	1,225
Уплотнение	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175

Таблица 2

Изменение удельного сопротивления фильтрации после предаэрации и уплотнения

Продолжительность аэрации, час / УСФ, $м^{-2}$	0	1	2	3	4	5
После предаэрации	195	108	72	115	96	97
После уплотнения	266	257	204	214	204	210

Скорость потребления кислорода СПК определялась по формуле:

$$\text{СПК} = \frac{\text{КРК}_{t_1} - \text{КРК}_{t_2}}{(t_2 - t_1) \cdot a_{без}},$$

где $КРК_{t_1}, КРК_{t_2}$ – концентрация растворенного кислорода в первый t_1 и следующий t_2моменты времени;

$a_{без}$ – доза ила по беззольному веществу.

КРК определялось с помощью анализатора растворенного кислорода МАРК-404.

Наибольшая СПК наблюдается на 20 секунде в образце, аэрируемом в течение 3 часов, и после этапа аэрации, и после уплотнения. Что говорит о высокой интенсивности окисления органических веществ. Следовательно, после аэрации в 3 часа продолжительность уплотнения не следует допускать больше установленной (3 часа), чтобы избежать возникновения анаэробных условий, отрицательно влияющих на состояние активного ила.

Таблица 3

Изменение СПК после уплотнения и аэрации от продолжительности аэрации на 20 сек дыхания ила

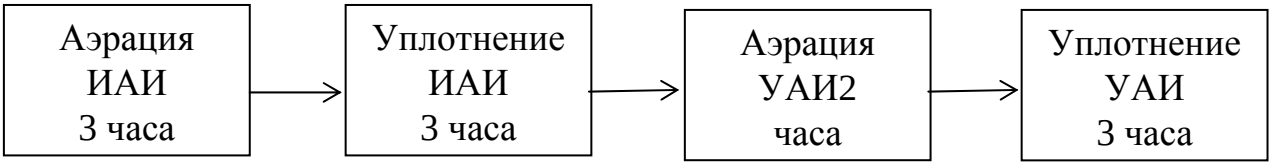
Продолжительность аэрации, час / СПК, м/г*ч	0	1	2	3	4	5
После предаэрации	0,028	0,267	0,291	0,369	0,174	0,245
После уплотнения	0,047	0,056	0,086	0,109	0,065	0,089

Процесс седиментации после 3-го этапа (3-х часового уплотнения) и разной продолжительности аэрации проходил однородно, все исследуемые образцы уплотнились незначительно, с образованием 0,3% надиловой воды от общего объема уплотняемого осадка. Следовательно, уплотнение (в литровых цилиндрах) нецелесообразно на данном этапе на счет большого значения пристеночного эффекта.

УСФ (Таблица 1) снижается после аэрации УИА, но не значительно, в пределах 100 м-2.

СПК в уплотненном иле ниже, чем в избыточном, максимальные значения – после аэрации 1 и 2 часа (219,197 мг/г*ч).

Из полученных данных можно сделать следующий вывод, ступенчатая аэрация как метод интенсификации процесса уплотнения осадков сточных вод, для ОСК г. Вологды, целесообразна при определенных временных рамках каждого этапа.



1. Туровский, И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1988. – 256 с.

2. GOOD PRACTICES IN SLUDGE MANAGEMENT Published by and copyright 2012: Project on Urban Reduction of Eutrophication (PURE), c/o Union of the Baltic Cities Environment Commission, FIN-20500 Turku, ISBN 978-952-5725-91-9, Published in October 2012, 123p.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

В. А. Силинский
Научные руководители: ***С.В. Колобова,*** *старший преподаватель,*
Е.А. Мезенева, *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Обеззараживание воды является одной из актуальных проблем для станций, занимающихся водоподготовкой городов и посёлков. Вода, подготовленная для населения, должна отвечать требованиям безопасности в эпидемиологическом отношении.

На протяжении многих лет и до сих пор газообразный хлор остаётся наиболее эффективным и популярным веществом для дезинфекции воды, благо-

даря его пролонгированному действию, дающему гарантию бактериальной безопасности обработанной воды в течение продолжительного времени. Возможную угрозу для жизни и здоровья людей представляет его хранение и применение на территории города, что вызывает необходимость применения других методов хлорирования. Одним из альтернативных, наиболее безвредным и слаботоксичным для человека признан электролитический гипохлорит натрия (ГХН), получаемый в электролизных установках непосредственно на месте его использования.

Традиционно гипохлорит натрия получают электролизом раствора поваренной соли. В представленной работе раствор соли, используемый в качестве сырья для приготовления электролитического ГХН, заменили на рассолы минеральных вод.

Вологодская область обладает значительными запасами минеральных вод с большим содержанием хлоридов. Используя высокоминерализованные подземные воды в качестве исходного сырья может быть решена проблема как в экономическом, так и в техническом плане, за счет снижения затрат на приобретение и доставку реагентов до места их использования [1].

Целью работы является разработка мероприятий, способствующих увеличению срока службы электродов при получении гипохлорита натрия из минерализованных вод, взятых из источников Вологодской области.

На кафедре ВиВ ВоГУ проведены исследования по получению ГХН электролизом минерализованной воды подземных источников Вологодской области. На основании полученных данных обоснована технологическая эффективность получения электролизного ГХН из водных рассолов. [1].

Определяющим фактором надежной работы электродов является скорость образования катодных отложений. Поэтому выбранная технологическая схема получения электролизного ГХН должна предусматривать мероприятия, способствующие уменьшению образования отложений на катодах электролизёров. К ним относятся электролиз с реверсом электрического тока и кондиционирование воды, применяемой для приготовления ГХН. Реверс электрического тока может найти лишь ограниченное применение на практике, поскольку требуется специальный блок питания с выходом переменного напряжения, что значительно усложняет электролизную схему [2]. Наиболее простым и приемлемым способом снижения образования катодных отложений является улучшение качества используемой минерализованной воды кондиционированием.

Кондиционирование способствует снижению содержания в используемой для электролиза минерализованнной воде форм угольной кислоты – CO_2, HCO_3^-, CO_3^- (иначе декарбонизация) с целью уменьшения образования отложений солей жесткости на электродах [2].

На рисунке представлена схема получения электролитического гипохлорита натрия из минеральных подземных вод.

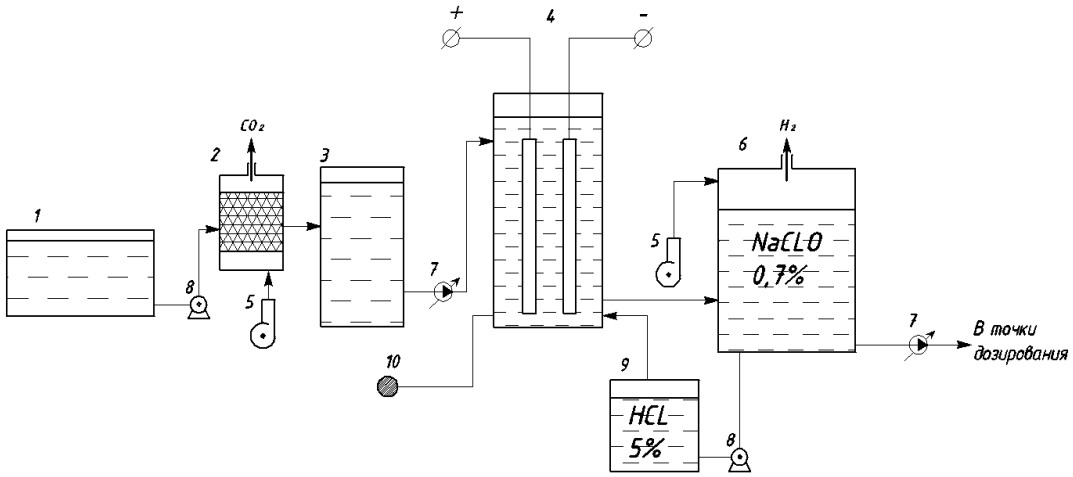


Рис. Схема получения ГХН электролизом минерализованных вод:
1 – бак с минерализованной водой; 2 – декарбонизатор; 3 – накопитель;
4 – электролизер; 5 – компрессор; 6 – накопитель ГХН; 7 – дозатор; 8 – насос;
9 – бак 5-% соляной кислоты; 10 – сброс кислотной промывки

Методом предотвращения карбонатных отложений принята декарбонизация минерализованной воды путем ее подкисления с последующей дегазацией и отдувкой выделившейся углекислоты, как наиболее надежный и дешевый способ, по сравнению с умягчением [3].

Декарбонизатор (2) – предназначен для удаления из воды карбонатов с целью сокращения образования отложений солей жёсткости на электродах электролизера [3]. В схеме получения ГХН из минерализованных вод рассмотрен декарбонизатор – дегазатор барботажного типа, представляющий собой ёмкость с нижней дырчатой распределительной системы для подачи воздуха. Работает следующим образом: декарбонизируемая вода поступает в верхнюю часть, где струями равномерно подается на насадку, по поверхности которой стекает тонкой плёнкой в нижнюю часть аппарата [2]. Снизу аппарата, навстречу водному потоку подается воздух, который увлекает за собой выделяющийся из воды углекислый газ и выходит через верхний патрубок [2].

Таким образом, используя декарбонизированную минеральную воду при получении электролизного гипохлорита натрия, не приводит к существенному ухудшению показателей выхода хлора по току и позволяет значительно снизить интенсивность образования отложений на электродах, уменьшая тем самым удельные затраты на электроэнергию и количество операций по промывке электродов.

1. Силинский, В.А. Эффективность использования гипохлорита натрия, полученного из минерализованных подземных вод / В. А. Силинский; науч. Рук.: Мезенева Е. А., Колобова С. В. // Материалы межрегиональной научной конференции X Ежегодной научной сессии аспирантов и молодых ученых : в 4 т. / М-во образ. и науки РФ ; Вологод. гос. ун-т. – Вологда : ВоГУ, 2016. –

Т. 2. С. 220 – 223. – (совершенствование систем водоснабжения и водоотведения) – 404 с.

2. Фесенко, Л.Н. Дезифектант воды – гипохлорит натрия: производство и применение: монография / Л.Н. Фесенко, В.В. Денисов, А.Ю. Скрябин; под ред. В.В. Денисова; ООО НПП «Экофес», Юж.-Рос. гос. техн. ун.-т. – Новочеркасск: Лик, 2012. – 237 с.

3. Пчельников, И.В. Исследование режимов работы и выбор оптимальных условий непроточного электролиза при получение гипохлорита натрия из морской воды [Текст] / И.В. Пчельников // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2013. - № 6.- С. 112 -117.Кондакова, Г.В. Санитарная микробиология: Текст лекций / Г.В. Кондакова; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2005. – 84 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ОБЪЕМА ВОДЫ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ХВО

О.Е. Соколова

Научный руководитель ***Е.А. Мезенева,*** *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Одним из самых важных вопросов в энергетике была и остается водоподготовка на ТЭЦ. Вода для предприятий энергетики основной источник их работы и потому к ее содержанию предъявляются очень высокие требования. Водоподготовка заключается в освобождении воды от грубодисперсных и коллоидных примесей и содержащихся в ней солей, тем самым предотвращая коррозии элементов котлоагрегатов и трубопроводов, а также образования на них накипи.

На Вологодской ТЭЦ применяют умягченную и обессоленную воду. Особое внимание следует уделить способу обработки воды, одним из которых является умягчение ионным обменом. Для удаления солей кальция и магния применяют натрий-катионитовые фильтры. Схема водоподготовки представлена на рис. 1.

Умягчение воды катионированием производится путем фильтрования предварительно осветленной воды через катионообменную смолу (катионит), частицы которой содержат на своей поверхности катионы Na^+, способные к обмену на катионы Ca^+ и Mg^+ солей жесткости, растворенных в воде.

Схема натрий-катионирования воды представлена на рис. 2.

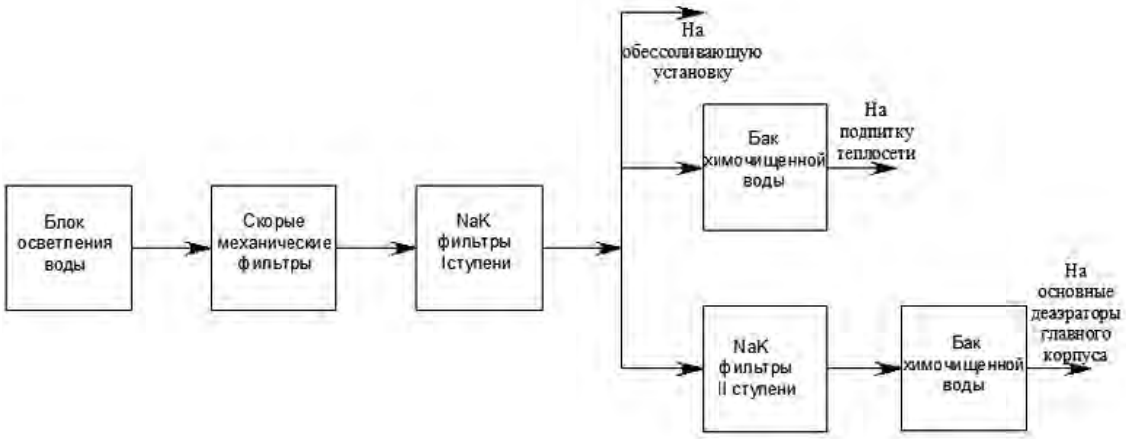


Рис. 1. Схема водоподготовки Вологодской ТЭЦ

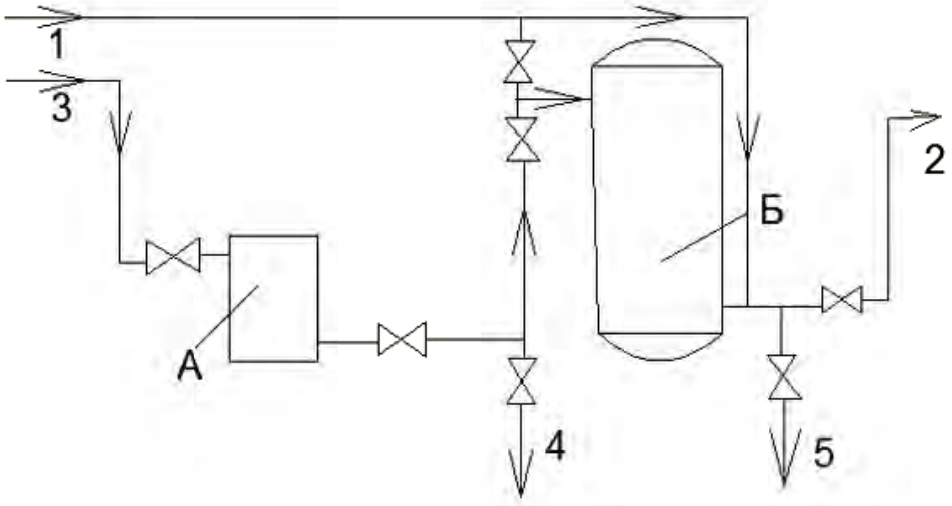


Рис. 2. Схема натрий - катионирования воды: А – бак мерник соли;
Б – натрий - катионитовый фильтр; 1 – подвод исходной и взрыхляющей воды;
2 – отвод обработанной воды; 3 – подвод регенерационного раствора;
4 – отвод взрыхляющей воды; 5 – отвод регенерационного раствора и отмывочной воды

Рабочий цикл фильтра включает в себя четыре последовательные операции: умягчение воды, взрыхление катионита, регенерацию катионита, отмывка.

При эксплуатации натрий - катионитового фильтра расход осветленной воды на собственные нужды составляет до 800 м^3 в месяц, а расход воды на регенерацию одного фильтра примерно 105-136 м^3. Необходимо отметить, что сброс всех сточных вод производится на золооотвал.

Для повышения эффективности ХВО вероятно предположить сокращение расходов воды за счет использования части отмывочной воды повторно.

С целью изучения возможности повторного использования воды на собственные нужды были проведены исследования по определению качества отмывочной воды. В процессе отмывки при регенерации фильтра отбор проб

осуществлялся с интервалом времени 10 минут. Для того чтобы часть отмывочной воды вернуть в производство, необходимо произвести отмывку катионита от горьких солей до содержания хлоридов 800-1200 мг/дм^3. В графиках приведены результаты качества отмывочной воды по основным показателям: хлориды и жесткость.

Качество отмывочной воды

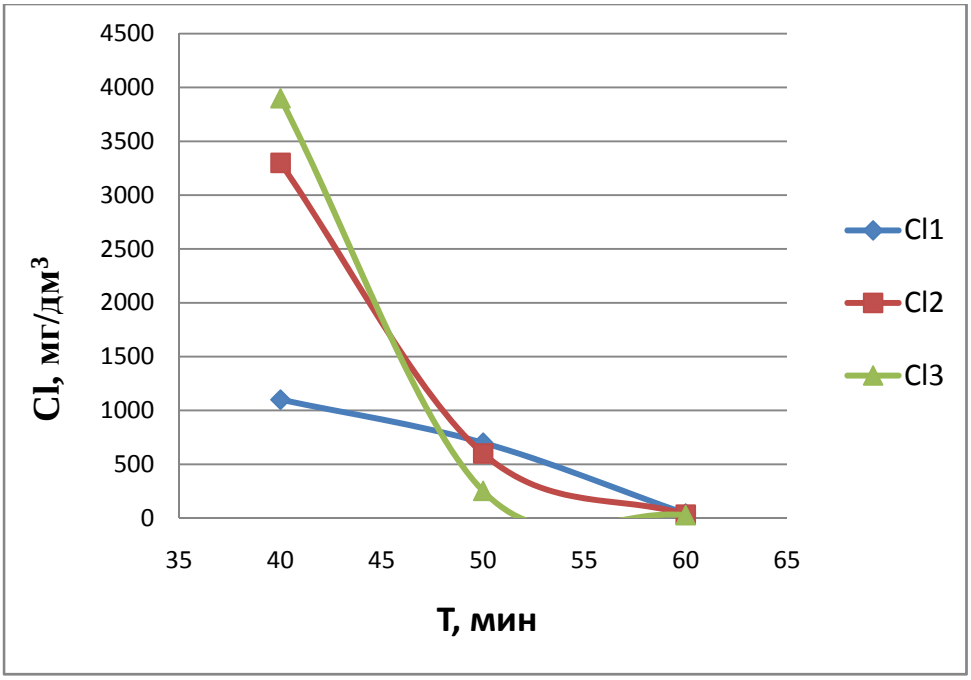


Рис. 3. Показатель качества отмывочной воды по хлоридам: Cl – содержание хлоридов в отмывочной воде

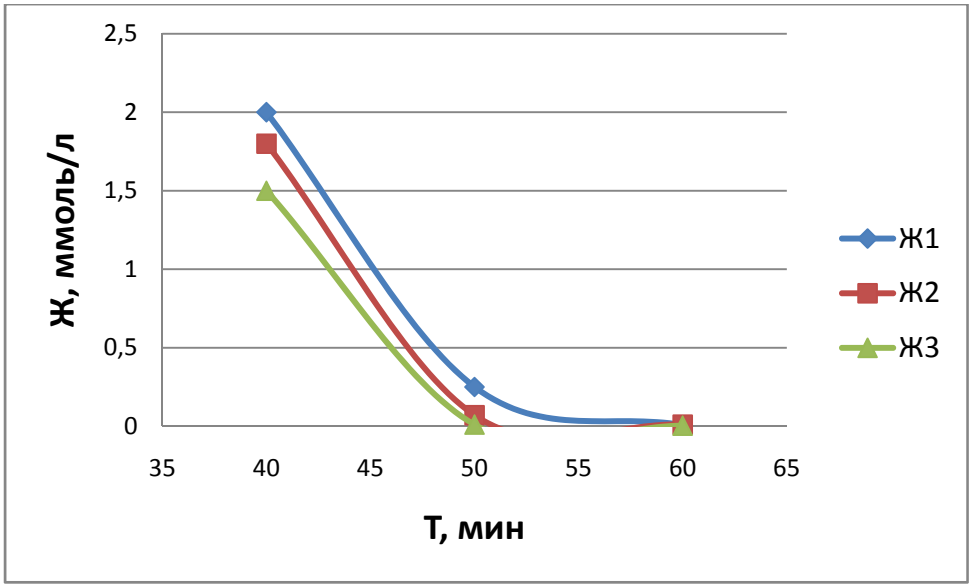


Рис. 4. Показатель качества отмывочной воды по жесткости: Ж – жесткость в отмывочной воде

Как видно на графиках качество отмывочной воды после 40-45 минут позволяет часть воды использовать в производстве, что свидетельствует о допустимости уменьшения сброса сточных вод. Объем воды, который возможно использовать повторно, например, на взрыхление катионита составляет 26-35 $м^3$ на один цикл регенерации.

На рис. 3. представлена предлагаемая схема натрий – катионирования воды.

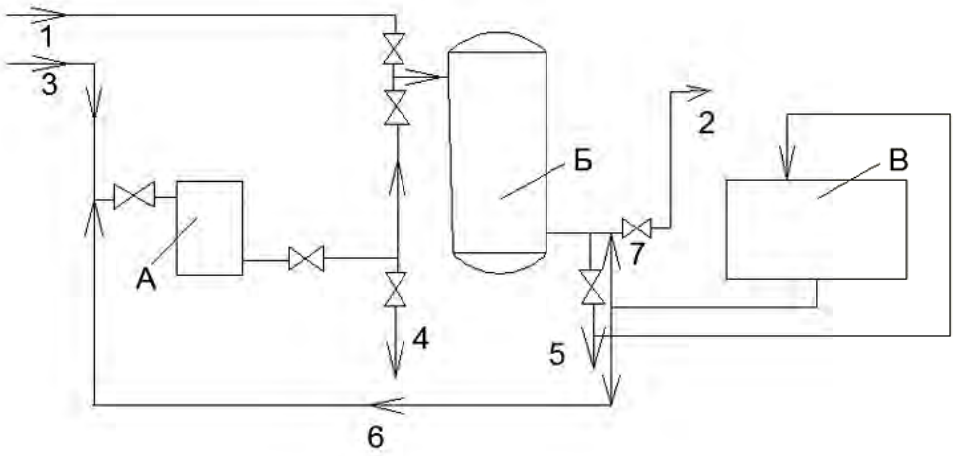


Рис. 5. Схема натрий - катионирования воды с баком отмывочной воды:
А – бак мерник соли; Б – натрий - катионитовый фильтр;
В – бак отмывочной воды; 1 – подвод исходной воды ; 2 – отвод обработанной воды;
3 – подвод регенерационного раствора; 4 – отвод взрыхляющей воды;
5 – отвод регенерационного раствора и отмывочной воды;
6 – подвод отмывочной воды на приготовление реагентов; 7 – подвод взрыхляющей воды

Следовательно, изменение технологической схемы натрий-катионирования позволяет снизить расход воды и реагентов, а также рационально использовать сбросные воды.

1. Громогласов А.А. Водоподготовка: процессы и аппараты: учебное пособие для вузов / А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А. П. Пильщиков; под ред. О. И. Мартыновой. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.

2. Технологические инструкции по эксплуатации водоподготовительных установок Вологодской ТЭЦ.

МЕМБРАННЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

А.М. Телятникова, С.И. Виноградов
Научный руководитель ***Б.Г. Мишуков,*** *д-р техн. наук, профессор*
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

В настоящее время наибольший интерес в сфере доочистки представляют мембранные методы, так как позволяют получать воду очень глубокого качества, а также улавливать ядовитые и ценные вещества.

В Росси мембраны для очистки сточных вод нашли применение на ряде объектов, в том числе в пос. Красная Поляна г. Сочи. Так же ведется строительство объекта с применением технологии МБР в пос. Молодежное Ленинградской области.

Гидродинамику работы мембран описывают законом Дарси для ламинарного течения ньютоновских жидкостей в пористых телах, согласно которому

$$q_s = \frac{\Delta P}{\eta_T \cdot R_n}, м^3/м^2 \cdot с, \quad (1)$$

где ΔP – разность давлений, Па; η_T - динамическая вязкость, Па·с (с учетом температуры воды); $R_п$ - полное сопротивление мембраны, 1/м [3].

Величину полного сопротивления составляют сопротивления самой мембраны $R_м$ и слоя осадка на ее поверхности $R_{ос}$.

По мере накопления осадка сопротивление увеличивается, снижается расход фильтрата. Так, фильтрация чистой воды, ввиду отсутствия сопротивления слоя осадка $R_{ос,}$ образует прямую линию (рис. 1), а та же вода с твердыми растворимыми примесями формирует кривую выхода фильтрата с повышением сопротивления осадка.

Рис. 1. Линии выхода фильтрата [1]

Существует два основных опыта фильтрации: хронический («тупиковый во времени») и циклический. Хронический опыт предполагает достижение интенсивного забивания мембраны с резким снижением ее пропускной способности. В режиме доочистки воды невыгодно ожидать полного забивания

пор, поэтому применяют циклический опыт, достигаемый промежуточной очисткой мембран обратной промывкой, аэрацией, либо другими способами.

Целью исследовательской работы являлось экспериментальное определение пропускной способности образца листовой мембраны в режиме хронической фильтрации.

Для проведения опытов была изготовлена лабораторная модель на основе плоскорамного фильтрующего элемента (рис. 2), представленного фрагментом ультрафильтрационной мембраны полигонального типа с размером пор 0,038 мкм.

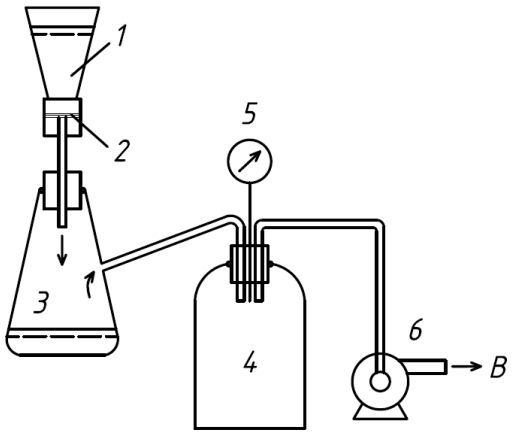


Рис. 2. Схема лабораторной установки мембранной фильтрации
1 – воронка, 2 – мембрана, 3 – сборник фильтрата, 4 – ресивер,
5 – вакуумметр, 6 – вакуум-насос, В – откачка воздуха

Эксперимент осуществлялся на территории канализационных очистных сооружений г. Петродворца. Пробы воды для опытов отбирались на выходе из вторичных отстойников, концентрация взвеси после которых, согласно показаниям химико-биологической лаборатории очистной станции, составляла 5-7 мг/л.

В испытаниях использовались образцы воды с концентрацией взвешенных веществ 5, 10, 15 и 20 мг/л. Получение сконцентрированных проб осуществлялось методом глубокого отстаивания с последующей проверкой полученных концентраций. Величина испытуемого давления для каждой пробы сточной воды составляла 1, 2, 3, 4 и 5 м вод. ст.

Необходимо отметить, что перед началом основного комплекса экспериментов была проведена серия эталонных опытов на дистиллированной воде, позволяющая определить сопротивление чистой мембраны.

Продолжительность опыта фильтрации каждой испытуемой пробы жидкости при заданной величине давления составляла 30 минут. Раз в 5 минут фиксировались и заносились в таблицу значения Δt, ΔV, $\sum \Delta V$. Определялось значение проницаемости мембраны:

$$q_s = \frac{\sum \Delta V}{\sum \Delta t \cdot S} \text{ (л/м}^2\text{·ч)}. \qquad (2)$$

На основании полученных результатов по фильтрации дистиллированной воды был сделан вывод о получении классических прямых линий зависимости производительности от времени.

При фильтрации проб биологически очищенных сточных вод наблюдалось явление снижения производительности мембраны во времени. Нисходящий наклон аппроксимационных прямых (рис. 3) связан с накоплением слоя осадка на поверхности мембраны в ходе хронического опыта фильтрации.

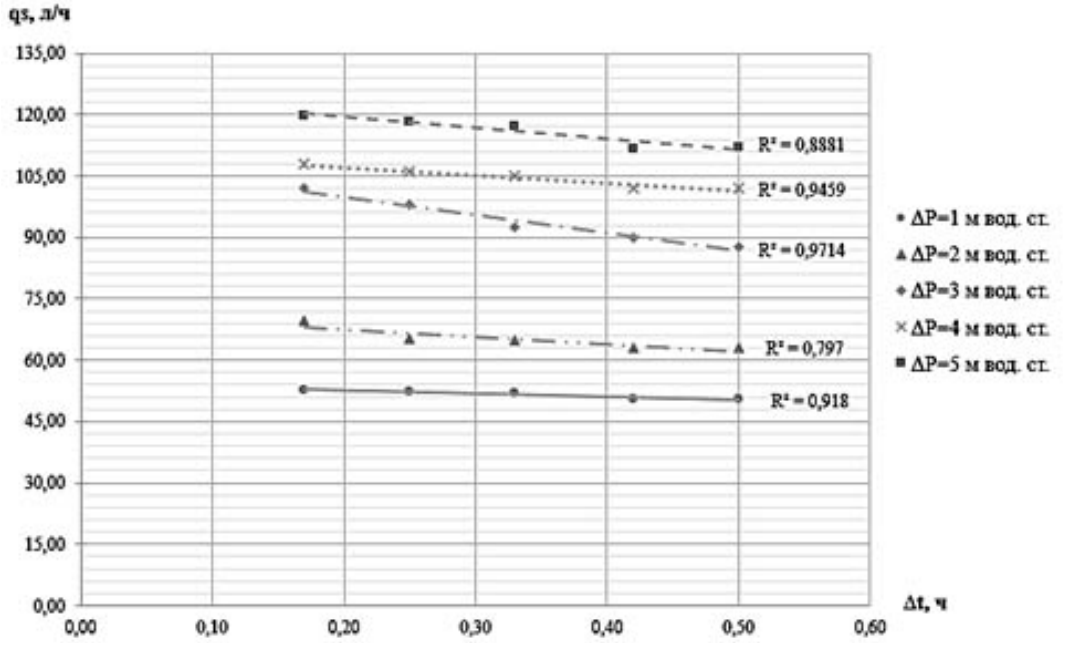


Рис. 3. График изменения q_s от Δt при $c_{вв}$= 5 мг/л

Необходимо отметить, что при проведении каждой серии опытов наблюдались и другие общие тенденции: при увеличении давления увеличивалась и производительность мембраны, при увеличении нагрузки по взвешенным веществам наблюдалось снижение производительности мембраны.

Согласно этому явлению была выявлена математическая зависимость:

$$q_{s_n} = \frac{q_{s_0}}{\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\beta}}, \frac{л}{м^2} \cdot ч, \qquad (3)$$

где q_{s_n} – расчетная производительность мембраны при необходимом давлении и концентрации взвешенных веществ, q_{s_0} – исходная производительность мембраны (ΔP = 1 м вод. ст. и $c_{вв}$= 5 мг/л), c_1 – исходная нагрузка по взвешенным веществам ($c_{вв}$= 5 мг/л), c_2– планируемая концентрация взвешенных веществ в поступающей сточной воде ($c_{вв}$= 5-20 мг/л), P_1 – исходное давление (ΔP = 1 м вод. ст.), P_2 – применяемое давление (ΔP = 1-5 м вод. ст.), α – коэффициент зависимости при изменении концентрации взвешенных веществ, β – коэффициент зависимости изменения давления.

На основании полученных опытным путем значений производительности, рассчитано, что α=0,317, а β=0,546.

Кроме того, были выявлены наиболее рациональные режимы работы мембранного оборудования, при фильтрации сточных вод с содержанием взвешенных веществ 5, 10, 15 и 20 мг/л.

Рекомендуемая величина трансмембранного давления зависит непосредственно от необходимой производительности мембраны. Согласно этому утверждению можно выделить три основных режима работы установок: в часы минимального притока (участок 1), в часы максимального притока (участок 2) и при аварийных ситуациях (участок 3).

В рамках исследований была разработана серия графиков по подбору оптимального режима работы оборудования. Один из них представлен на рис. 4.

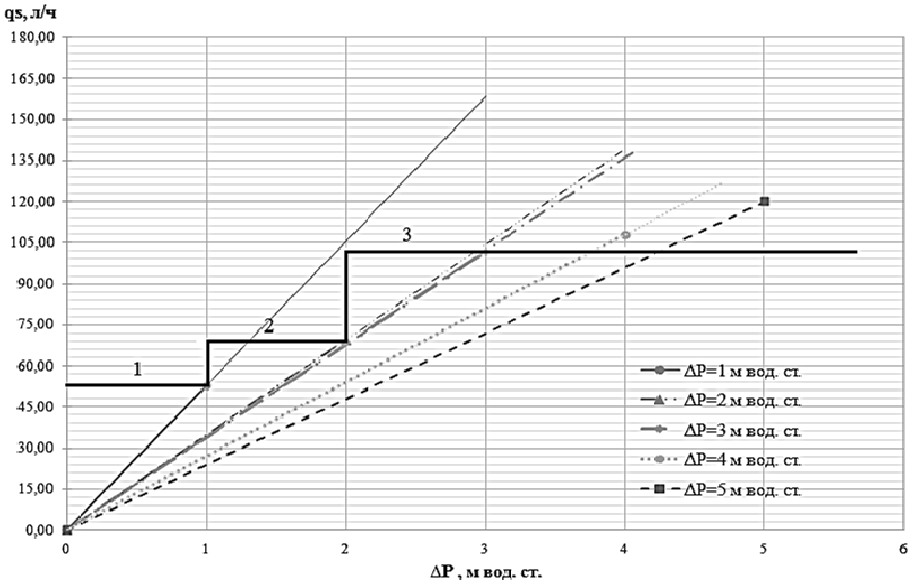


Рис. 4. Режимы работы мембран Hubernpи $c_{вв}$= 5 мг/л

Численные значения рекомендуемых давлений и достигаемой производительности установок сведены в таблице.

Таблица

Рекомендуемые режимы работы мембранных установок

, л/м^2·ч					
При $c_{вв}$, мг/л		5	10	15	20
Номер участка (Δ*P*, м вод. ст.)	1 (≤1)	52,75	45,56	37,17	29,97
	2 (1-2)	69,54	53,95	51,55	49,16
	3 (2-3)	101,91	83,93	65,94	71,94 (2-4)*

*Примечание: При фильтрации проб с содержанием $c_{вв}$= 5, 10 и 15 мг/л повышение трансмембранного давления более 3 м вод. ст. не является рациональным, так как ведет лишь к не значительному увеличению производительности мембран, при этом сильно возрастают эксплуатационные затраты на их функционирование. При максимальной испытуемой нагрузке по взвешенным веществам наблюдалось сохранение показаний производительности при давлении 2 и 3 м вод. ст., в результате чего было сделано заключение о недостаточности изменения давления из-за значительной степени кольматации мембраны. По этой причине авторы рекомендуют увеличить значение прикладываемого давления до 4 м вод. ст.

Полученные в результате исследования данные, оформленные в виде графиков и таблиц, могут иметь важное практическое применение. Так, например, они могут быть использованы в ходе пуско-наладочных работ различных очистных станций, в том числе на очистной станции в пос. Молодежное, в составе которой имеются мембранные листовые модули.

Кроме того, данные материалы могут быть использованы для выбора режима эксплуатации поставляемых модулей до начала пусковых работ.

1. Технический справочник по обработке воды: в 2 т.: пер. с фр. – СПб.: Новый журнал, 2007. – Т.1. – 774 с.

2. Б. Г. Мишуков. Глубокая очистка городских сточных вод: учеб. пособие / Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева. - СПб.: СПбГАСУ, 2014. - 179 с.

3. Б. Г. Мишуков. Мембранные биологические реакторы для глубокой очистки сточных вод: учеб. пособие / Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева. - СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2017. – 64 с.

4. J.H. Roorda, J. VanderGraaft. Оптимизация процессов мембранного фильтрования на сооружениях для очистки сточных вод // Вода: технология и экология. – 2007. - № 4. – С. 30-53.

5. Simon Judd. The MBR book: Principles and Application of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment. – ELSEVIER, 2006. – 310 с.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕСОДЕРЖАНИЯ НА КАЧЕСТВО СТОЧНЫХ ВОД «БАШНЕФТЬ – УНПЗ»

Е.В. Шеталина

Научный руководитель ***И.В. Лапшакова,*** *канд. техн. наук, доцент*

Уфимский государственный нефтяной технический университет

г. Уфа

Для выбора метода борьбы с солеотложениями необходимо проанализировать качественные показатели потоков и смеси. В ходе ревизии коллекторов и насосного оборудования был установлен факт отложения солей на внутренних поверхностях коллекторов, запорной арматуры и корпусов насосов, что привело к значительному сужению внутреннего диаметра напорных коллекторов и уменьшению количества откачиваемых стоков [1].

Основные потоки, которые после смешения откачиваются по напорному коллектору:

- стоки от котельной;
- стоки от ОАО «Химпром»;
- стоки после биологических очистных сооружений (БОС) I системы;
- стоки II системы.

Для изучения состава сточных вод в течении 2016 года были взяты пробы потоков и сделаны анализы по следующим показателям: *pH*, жесткость, щелочность, солесодержание, посчитаны значения индекса стабильности Ланжелье.

В данной работе подробно приводятся данные по солесодержанию.

Стоки от котельной (рис. 1) – светлая прозрачная жидкость с небольшим желтоватым оттенком и слабым запахом нефтепродукта (бензина или дизельного топлива).

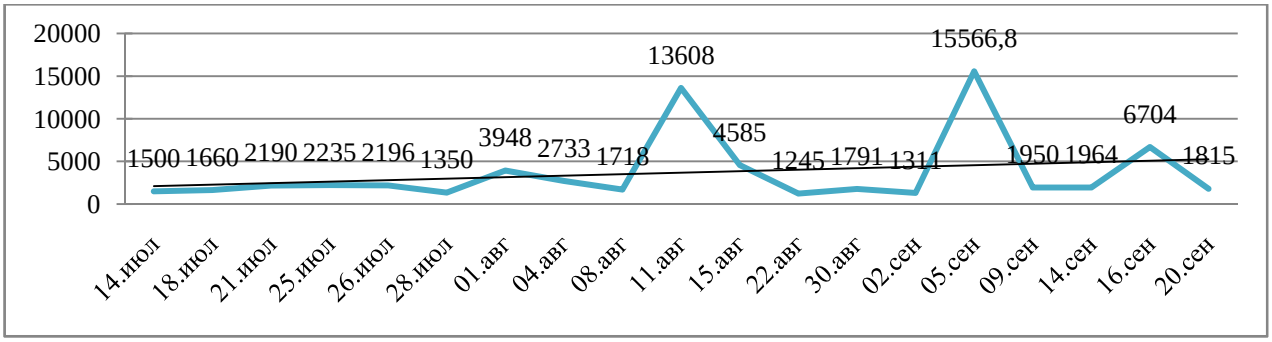


Рис. 1. Изменение солесодержания стока котельной

Стоки от ОАО «Химпром» (рис. 2) светлая прозрачная жидкость с желтым оттенком и резким запахом хлорсодержащих соединений.

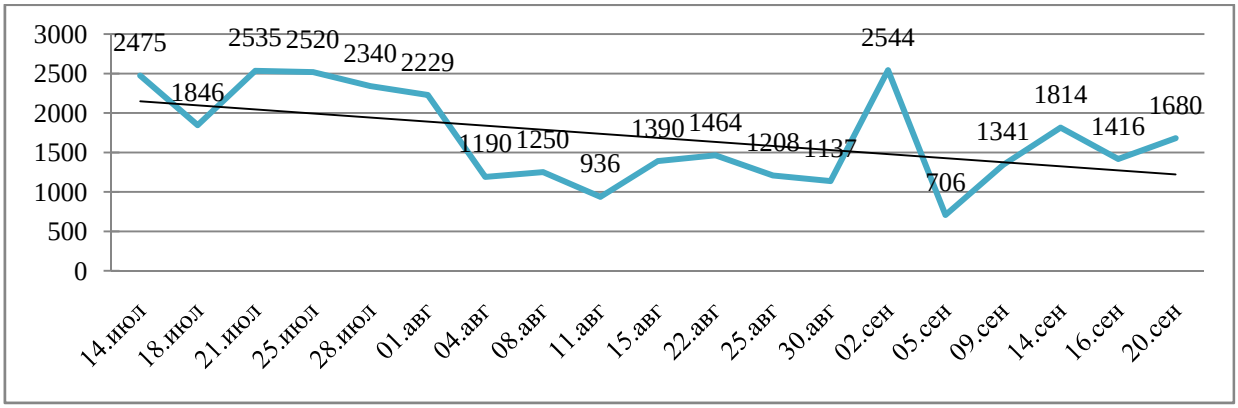


Рис. 2. Изменение солесодержания стока с ОАО «Химпром»

Стоки после БОС I системы (рис. 3) – прозрачная незамутненная жидкость, имеющая едва ощутимый запах нефтепродуктов.

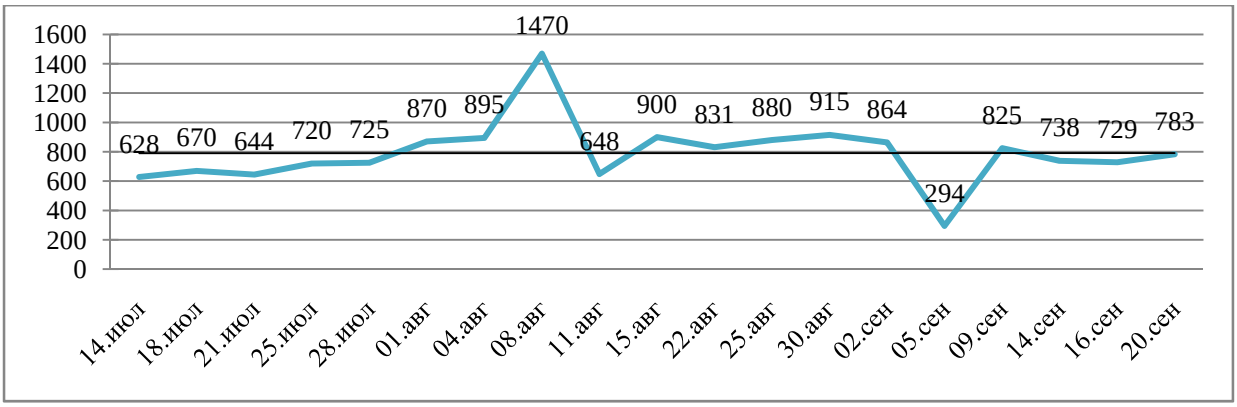


Рис. 3. Изменение солесодержания стока после БОС I системы

Стоки II системы (рис. 4) – пробы, взятые 18.07.2016, 21.08.2016, 28.07.2016, 01.08.2016 и 08.08.2016, имели темно-зеленый оттенок. Присутствовало большое количество взвешенных веществ черного цвета. Пробы, взятые 14.07.2016, 04.08.2016, были светлее, но вода была мутная и с зеленовато-серым оттенком. Взвесей намного меньше. Проба 11.08.2016 – светлая прозрачная жидкость с желтым оттенком и небольшим количеством черных взвешенных частиц. Все пробы имеют резкий запах нефтепродуктов, сероводорода и аммиака. С 22.08.2016 произошла смена нефтяного сырья с башкирской нефти на западно-сибирскую, поэтому проба от этого числа более светлая и имеет менее выраженный запах сероводорода.

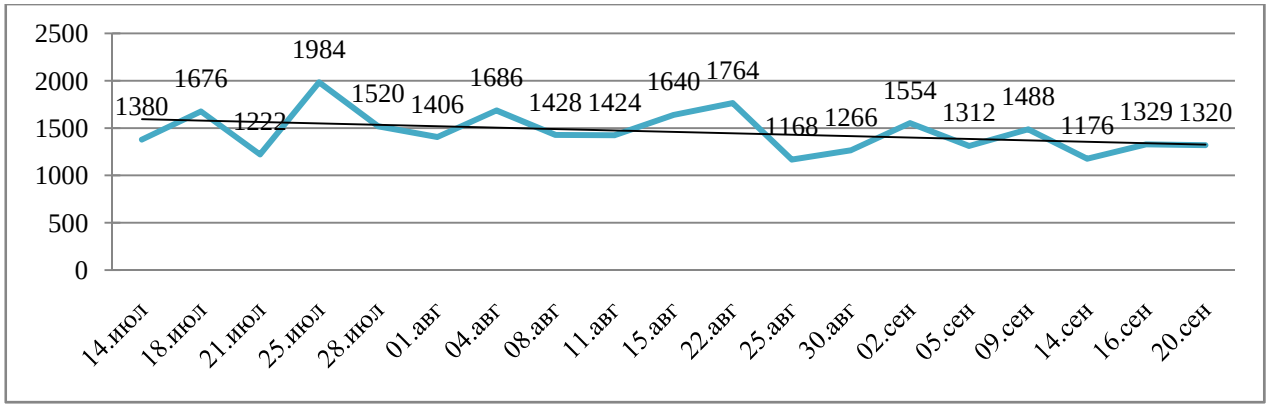


Рис. 4. Изменение солесодержания стока с II системы

Потоки склонны к солеотложению, так как средний индекс стабильности Ланжелье имеет значение выше 0,5.

Поток после БОС I системы имеет слабую тенденцию к солеотложению – солесодержание около 800 мг/л, они не опасны с точки зрения солеотложений.

Поток с котельной имеет солесодержание – 1800 мг/л, очень высокое накипе образование и является потенциально опасным в плане солеотложения.

Из-за низкого значения щелочности находится в равновесном состоянии, поэтому при перекачке на очистные сооружения солеотложения на оборудовании и трубопроводах не происходит. Изменение физических или химических параметров приводит к выпадению солей.

Поток II системы – солесодержание около 1500 мл/л – чрезвычайно высокое накипеобразование, потенциально очень опасен в аспекте солеотложений. Из-за низкого значения жесткости находится в равновесном состоянии, поэтому при перекачке на очистные сооружения солеотложения на оборудовании и трубопроводах не происходит или происходит незначительно. Изменение физических или химических параметров с высокой долей вероятности приведет к выпадению солей.

Эти потоки смешиваются и образуют смесь стоков: от котельной, ОАО «Химпром», после БОСI системы, II системы.

Смесь потоков (рис. 5) – мутная жидкость, по цвету и запаху ближе всего к стокам второй системы, но немного светлее и больше чувствуется сероводород.

Солесодержание смеси около 2000 мг/л – чрезвычайно высокое накипеобразование, потенциально очень опасен с точки зрения солеотложений.

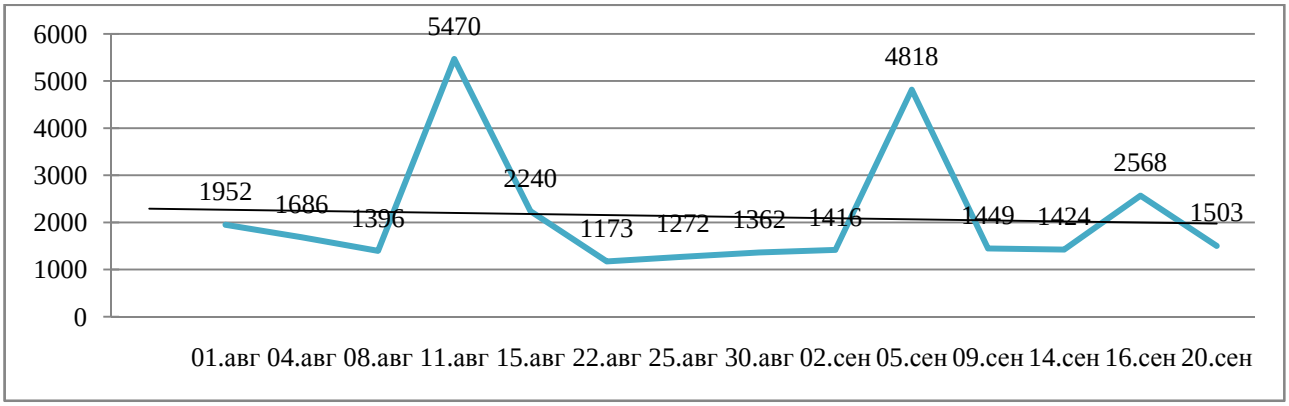


Рис. 5. Изменение солесодержания смеси потоков

При смешении потоков их внутреннее равновесное состояние нарушается. В смеси начинается активный процесс отложения солей, который интенсифицируется при перекачке из-за изменения давления потока и турбулизации потока. Основным инициатором солеотложений являются стоки II системы. Выбор метода борьбы с солеотложениями зависит от качественных показателей сточных вод [2,3].

1. Маркова М.С. / Реконструкция механических очистных сооружений УНПЗ Маркова М.С., Лапшакова И.В., Панова Ю.В. // Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды: IV Международная науч.-

техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: статьи и тезисы. / УГНТУ. – Уфа, 2010. – С. 64-65.

2. Шеталина Е.В. / Методы борьбы с солеотложениями сточных вод «Башнефть-УНПЗ» Шеталина Е.В., Локшин А.А., Лапшакова И.В. // Проблемы строительного комплекса России. Материалы XXI Международной научно-технической конференции / – Уфа: Из-во УГНТУ, 2017. - С. 301-304.

3. Локшин А.А. / Анализ качественных показателей сточных вод «Башнефть – УНПЗ» по потокам и в смеси Локшин А.А., Лапшакова И.В., Шеталина Е.В. // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке: сб. докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф. / – Тюмень, 2017. С. 147-150.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ОЗЕРА БАЙКАЛ

В.М. Шмалько
Научный руководитель ***Е.С. Гогина,*** *канд. техн. наук, доцент*
Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет
г. Москва

Озеро Байкал – пресноводное озеро, которое относится к мировым геосистемам, не имеющим аналогов. Байкал, являясь озером горного типа, располагается в глубоком тектоническом разломе Восточной Сибири, на сходе крутых горных хребтов (Байкальского, Баргузинского, Приморского, Улан-Бургасы, Хамар-Дабан), чья высота превышает отметку в 2500 метров над уровнем моря. В данном ареале можно найти совершенно разные ландшафты. Склоны Баргузинского хребта на высотах 200-1400 м покрыты смешанным лесом, а в некоторых местах лиственнично-кедровой тайгой, на больших высотах встречаются суб- и альпийские луга, а ближе к вершине – горная тундра. Вся территория усеяна как полупустынными и степными ландшафтами, так и горно-тундровыми и горно-таёжными.

Для Байкала характерна фауна с многочисленными видами эндемиков, совершенно отличная от той, которая встречается в водоёмах Забайкалья, типичной для Сибири. Эндемики представлены байкальскими бычками, голомянками, омулем семейства лососевых, половиной из 40 видов байкальской нерпы, 2 семействами из 85 изученных видов моллюсков, ракообразными (на всем земном шаре известно лишь 150 видов, а в озере Байкал изучено 230) [1].

Всё это в совокупности делает Байкальский регион, то есть территорию, которая включает в себя площадь водосбора Байкала и участки вокруг, воз-

действующие на водосбор и, непосредственно, на само озеро, особо ценным в структуре биосферы планеты.

Площадь водосборного бассейна данного озера составляет 570000 квадратных километров, простирается от территории северной части Монголии до юго-востока Сибири. На территории России находится основная его часть. На Республику Бурятию приходится 73% водосборного бассейна, на Читинскую область – 21% и на Иркутскую область всего 6%, но эти цифры приведены без учёта площади самой акватории.

Байкал – это действительно одно из величайших озёр на нашей планете. Ученые, исследователи, туристы – люди со всего света стремятся посетить его, невзирая на времена года. Длина озера насчитывает 636 км, средняя ширина – 48 км, в то время как наибольшая составляет 81 км. Средняя глубина составляет 730 м, максимальная – 1637 м. Байкал расположен в глубочайшей впадине, дно которой лежит на глубине 1181 м ниже уровня моря. Если сложить наибольшую глубину озера, высоту горных хребтов и мощность осадков байкальской впадины, то амплитуда прогиба земной коры (рифтовой щели) получится 12977 метров, что будет на 2 км превышать наибольшей глубины океанского ложа (Марианский желоб - 11022 метра).

Удивительный органический мир, разнообразный климат, обильные и исключительные по своим свойствам воды, гидрологические и гидрохимические условия – делают озеро Байкал объектом исследований многих научных институтов. Фауна данного водоёма наполнена почти всеми представителями видов, которые обитают в пресных водах, включая эндемиков. В 1996 году Озеро Байкал и его бассейн были включены в список «Всемирного наследия» ЮНЕСКО для сохранения генофонда Земли и понимания его био- и геологической эволюции [2].

Донные отложения озера весьма разнообразны. В самых глубоких местах образуются илы с высоким содержанием кремния и железа, во многих местах восточного берега преобладают пески, а вблизи острова Ольхон грунт каменистый.

Вода озера насыщена кислородом на всех уровнях глубины за счет вертикального водообмена, проходящего очень активно во время процесса замерзания и оттаивания вод. Наиважнейшие макро- и микро- биогенные элементы растворены в байкальской воде в необходимых соотношениях. Кроме того, в воде Байкала содержатся ничтожно малые количества органических примесей, взвешенных и растворенных минеральных веществ. Наличие токсичных тяжёлых металлов практически сведено к нулю. Концентрации сульфатов, нитратов, нитритов и железа настолько низки, что им ещё очень далеко до предельно-допустимых концентраций для питьевых вод, которые соответствуют требованиям гигиенических норм.

Озеро Байкал – творение природы уникального характера. Объём пресной воды достигает целых 23 тысячи кубических километров, что составляет 80%

запасов России и 20% мировых. Значение природной воды питьевого качества непрерывно растёт, Байкал же каждый год воспроизводит порядка 60 кубических километров воды превосходной степени, плотность которой равна 1 и приближена к плотности, которую имеет дистиллированная вода. На глубине от 300 до 1200 метров прозрачные свойства воды достигают наибольшей степени.

Данный резервуар воды исключительного качества считается самым древним озером на нашей планете. Появился он, ориентировочно, 25 миллионов лет назад. Существует предположение, выдвинутое геофизиками, о том, что Байкал – это будущий океан на этапе образования, так как его берега расходятся на 2 сантиметра ежегодно [1].

Озеро Байкал служит естественным резервуаром для реки Ангары. Она главенствует в его стоке (со средним расходом в 1716 кубических метров в секунду) и обладает самым высоким энергетическим потенциалом из всех рек Восточной Сибири. Исток этой «дочери Байкала» расположен на высоте 456 м над уровнем моря, то есть на уровне самого озера, устье же на высоте 76 м. Данный перепад в 380 м благополучно используется каскадом гидроэлектростанций, возведенных на этой реке [2].

Исток из озера Байкал берёт одна единственная река, а вот впадает в него более 300 рек, также его водные запасы восполняются за счет множества подводных источников и атмосферных осадков (в размере 10 кубических километров за год).

В озеро впадает несколько больших рек, таких как Селенга (самая многоводная, берущая начало в Монгольской Народной Республике), Баргузин (вторая по размерам, в длину 400 км), Верхняя Ангара (протяжённостью 439 км и впадающая с севера), образующих дельты значительных размеров. Другие притоки Байкала не впечатляют своими объемами столь сильно, их максимальная протяжённость составляет 170 км.

На территории Байкальского региона существуют особо охраняемые природные территории: 5 заповедников (Баргузинский биосферный государственный природный заповедник, Байкальский биосферный государственный природный заповедник, Байкало-Ленский государственный заповедник), 3 национальных парка (Прибайкальский природный национальный парк, Забайкальский природный национальный парк), 23 заказника (Фролихинский, Кабанский, Прибайкальский, Верхнеангарский, Энхэлукский), 128 памятника природы, 1 ботанический сад, лечебно-оздоровительные местности и курорты [3].

При рассмотрении показателей сточных вод в период с 1981 по 2003 гг. в Иркутской области, видна динамика их изменений. Проанализировав данные можно выделить 4 периода.

Объём сточных вод, включая загрязнённый, оставался без особых изменений с 1981 по 1987 гг., что относилось к первому периоду. С 1988 по 1989 гг. были установлены нормы предельно допустимых сбросов веществ в водные

объекты, это привело к тому, что «нормативно очищенные» и «чистые» воды стали считаться «загрязнёнными». Также на учёте числились теперь и предприятия как промышленного, так и военного комплексов. Из этого следовало, что объём загрязнённых сточных вод резко увеличился по сравнению с почти неизменным объёмом сточных вод. Данное обстоятельство относилось ко второму периоду. В третьем периоде промышленное производство было значительно снижено, что поспособствовало уменьшению объёмов как сточных вод, так и загрязнённых. Для четвёртого периода с 1999 по 2003 характерно достижение показателей сточных вод минимальной отметки за последние декады.

Озеро Байкал – удивительный природный объект, уникальный по всем показателям. Оно вмещает в себя невероятные объёмы воды высочайшего качества, и в то же время таит в себе бесценное эстетическое богатство. Чтобы сохранить данный венец природы в первозданном состоянии, не допустить нарушения исключительной флоры и фауны, стоит глубже исследовать состояние всей Байкальской природной территории.

Следует на порядок увеличить число наблюдательных пунктов, под бдительным контролем изучать как непосредственно воды Байкала, так и близлежащие к нему территории, осуществлять координацию работ и постоянный мониторинг территории, заняться решением экономических и социальных задач региона, обеспечить экологическую безопасность, охранять природные ресурсы данного места, продолжать систематические исследования состояния экосистемы озера.

Стоит использовать громадный и разнообразный ресурсный потенциал Байкала, не нанося ущерб целостности его природного комплекса.

С помощью успехов научно-технического прогресса со временем можно будет найти замену сырьевым ресурсам, но ничто не поможет восполнить ни природную, ни эстетическую составляющие.

1. Большая иллюстрированная энциклопедия. В 32 томах. Т. 3. Б 79 Б–БИО–М.:АСТ:Астрель; 2010. –501, [3] с.:ил. – 41 с.

2. Министерство транспорта Российской Федерации Федеральное агентство геодезии и картографии. Атлас Озеро Байкал Прошлое Настоящее Будущее / ФГУП «Восточно-Сибирское аэрогеодезическое предприятие». – Иркутск, 2005. – 1 с.

3. Сведения из Доклада МПР России «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2012 году» – Особо охраняемые природные территории [Электронный ресурс]. – URL: http://geol.irk.ru/baikal/baikal/rep_2013/pdf/baikal2013_p1-1-2.pdf.

Содержание

Секция «УПРАВЛЯЮЩИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ»

Акмалходжаев П.И. Разработка динамического веб-приложения для определения типа связи химических элементов по электроотрицательности 4

Акчурина М.Р. Энергетический расчет СВЧ-излучателя мобильной установки для ликвидации борщевика Сосновского..... 7

Богомолов В.А. Диагностирование засоренности дисковых керамических фильтров на основе технологических характеристик..... 12

Зайцев А.А. Оценка энергетических показателей асинхронного двигателя на основе эквивалентной активно-индуктивной нагрузки 16

Князева О.В. Применение гексагональных схем в городских электрических сетях..... 20

Колесова Л.Н. Двухконтурная система управления погружным насосом системы автономного водоснабжения..... 23

Майоров А.А., Мигазов И.Ф. Типовая структурная схема канала измерения истинной воздушной скорости..... 25

Макаров А.А., Богошевич С.Н. Автоматизированная система управления освещением пешеходных зон 28

Малышев М.А. Исследование электропривода подъема плазматрона..... 30

Мариничева О.В. Компоненты и вариативная комплектация автоматизированной системы управления водоснабжением населенного пункта 35

Пасюков А.А. Разработка системы мониторинга воздуха на основе микроконтроллера Arduino..... 38

Секция «АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»

Азаров А.Е. Unity 3D. Постпроцессинг и работа с шейдерами..... 41

Васендина И.С. Системный подход при структурном распознавании объектов изображений территорий 44

Галиев Р.М. Автоматизированная система для разработки профессиональных образовательных программ 48

Дмитриев П.В. Анализ типов нейронных сетей 51

Ковалева И.В. Метод «Дерева решений» для определения наилучшего инвестиционного проекта 54

Михеев В.А., Корягин К.П. Разработка системы управления робототехническим комплексом на микрофреймворке Flask 57

Размахнина А.Н. Решение стратегической игры в программе POM QM for Windows 60

Рашитов Т.Ф. Автоматизация защиты объектов интеллектуальной собственности с помощью блокчейн 63

Родиманова Е.С. Проблемы систем управления бизнесом и перспективы их развития 67

Сергеев А.С. Использование комплекса Riverbed Modeler в дисциплине "Сети и телекоммуникации" 70

Синягов А.И. Разработка искусственной нейронной сети Петри 73

Сиротина Е.В. Хроматографический анализ с применением нечеткой логики 76

Смирнова А.Ю. Интерактивные учебные комплексы на основе web-технологий 79

Титов М.С. Архитектура Android-приложения с геолокацией 83

Секция «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Березовский В.С. Применение метода анализа среды функционирования при сравнительном анализе эффективности электросетевых компаний 86

Болознев М.А. Снижение коммерческих потерь электроэнергии в сельскохозяйственном районе ПС 35/10,5 кВ «Можайская» 89

Власов А.М. Структурное моделирование электроэнергетических систем 93

Голицын А.М. Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных потребителей 95

Горяев Е.Ю., Егоров М.Ю. Повышение эффективности систем сепарации и перегрева пара атомных электростанций 98

Жиганов А.А. Оптимизация потребления электроэнергии в бюджетных образовательных учреждениях 102

Иванов Е.Ю., Логинов А.А. Расчет электромагнитной совместимости на электрических подстанциях в программе ZYM 105

Корчажинская А.М. Повышение эффективности измерительных преобразователей биомедицинских сигналов 109

Кулешов А.О., Ахметьянов С.В. Расчет электрических характеристик индукционных тигельных печей с ферромагнитным тиглем 114

Курицын О.Ю. Мультиагентный метод поиска энергоэффективных решений в электроэнергетике 118

Ладилов И.С. Выбор контроллеров для АСУ на базе Trace Mode 121

Миронов Е.А. Проточная погружная микрогидроэлектростанция 124

Мишин А.Ю. Возможности применения альтернативных источников энергии в Орловской области 127

Осипов Н.А., Коряковский М.В. Усовершенствование реклоузеров в распределительных сетях и определение затрат на их установку 130

Рысин О.Е. Моделирование эффективности работы устройств FACTS в программе MATLAB Simulink 133

Сахаров В.Н. Рациональное использование энергоресурсов на базе АСУ наружным освещением 136

Святков М.А. Перспективы использования когенерационной газопоршневой электростанции на предприятии 139

Смирнов И.Н. Эффективность электроснабжения предприятия при использовании блочных турбогенераторов 141

Усков Я.А. Анализ конструкции изоляции активной части трехфазного трансформатора 143

Ховрин О.И., Селиверстова О.С. Модернизация установки для сушки жома.....147

Черникова Ю.С. Проектирование воздухоохладителя для газотурбинной установки 150

Чурбанова С.А. Исследование режима пуска асинхронного двигателя.....153

Юферицын В.А. Учет регуляторов напряжения трансформаторов при расчетах коротких замыканий 157

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ, МЕТАЛЛУРГИИ, ДЕРЕВООБРАБОТКЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И НА ТРАНСПОРТЕ»

Белобрюшкова К.И. Разработка механизированного привода протеза кисти руки.....161

Биричевский М.Г. Повышение производительности гидравлического упаковочного пресса.....164

Богданов Д.Ю. Расчёт пролетной балки мостового крана с применением системы прочностного анализа АРМ FEM 168

Зайцева В.Н. Исследование конструктивных факторов, влияющих на прочность контейнера-трансформера.....171

Залесова И.А. Инструментальное обеспечение фрезерных станков с ЧПУ.....174

Измайлов А.В. Автоматизированная разработка конструкторско-технологической документации для модернизации привода раската.....178

Карачев А.Ю. Анализ температурных деформаций деталей сложной топологии в приборостроении.....180

Касаткин И.И., Егоров М.Ю. Анализ гидравлических потерь в сепараторах-пароперегревателях турбин атомных электростанций 184

Кулева Н.И. Анализ погрешностей измерения на координатно-измерительных машинах.....188

Макаров А.Г. Контурный долбежный резец для станков с ЧПУ 193

Нестерова А.А. Автоматизированная подготовка конструкторско-технологической документации вращателя мобильной буровой установки 196

Новокшанов Ф.А., Тимофеев А.П. Применение систем телематического контроля для анализа расхода топлива 199

Скворцов С.Д., Егоров М.Ю. Применение интенсификации теплообмена в сепараторах-пароперегревателях атомных электростанций 201

Тимофеев А.П., Новокшанов Ф.А. Сравнение режима движения грузовых автомобилей со стандартным испытательным циклом 205

Шавкунова М.В. Разработка специальной двухсторонней протяжки для обработки трапециевидного паза 208

Секция «АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ»

Вайнило С.Н., Нилова Г.С. Методика послойного анализа депрессивной территории города Вологды 211

Гарина П.Э. Концепция средовой регенерации территории завода «Вагрон» 215

Григорьева Н.И., Столов П.А. Исследование способов разделения транспорта и пешехода на примере улиц г. Вологды 220

Подсосенная Д.В. Методика повышения конкурентной идентичности малого исторического города 224

Серова М.Е., Смирнова Ю.В. Методика исследования территориально-пространственных резервов застройки г. Вологды 229

Соловьев А.Ю. Сценарное проектирование модульно-блочного жилья для удаленных районов Чукотки 234

Тимофеева Е.Г. Комплексный анализ застройки микрорайона "Юго-западный" в г. Вологде 237

Секция «МЕХАНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Абашева М.М. Проблема оценки несущей способности и надежности строительных конструкций 242

Анущенко А.М. Моделирование фотографического способа определения высоты строительных конструкций 245

Карпушова К.А. Определение надежности железобетонной балки с трещиной по Демпстеру-Шеферу 249

Корепина И.А. Разработка метода расчета щелевых фундаментов 253

Соболева Е.В. Новые методы расчета и технологии висячих свай 259

Соловьева А.А. Оценка надежности балки перекрытия (производство АО СКДМ) 263

Хуснутдинова И.Г., Биткулов Р.Д. Конструктивные элементы устройства для оценки технического состояния металлических конструкций 267

Секция «СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ»

Белкина Е.И. Особенности конструирования и расчета узлов соединения ЛСТК 271

Борисова Н.А. Экспертиза промышленной безопасности проектной документации "Проект здания автомойки по ул. Ленинградской" 274

Васильева А.И. Использование несъемной опалубки при зимнем бетонировании 276

Воробьева Д.В. Определение рационального расположения световых проемов в гипарах 279

Гимазова О.Н. Исследование распределения усилий в арочной и перекрестно-арочной системах 283

Городишенина А.П. Технология устройства фундамента для малоэтажного домостроения системы «Вологда» 286

Евсеева А.П. Деформации водоизоляционного ковра из рулонных материалов на различных основаниях покрытия 289

Каберов Д.А., Быков С.В. Разработка конструктивного решения стальной балки из тонкостенных профилей 293

Кузнецова Н.А. Исследование ветровых воздействий на комплекс жилых высотных зданий 296

Полюшкин Г.А. Материалы для клеемеханических соединений в малоэтажном строительстве 300

Резниченко А.Ю., Васильев А.С. К вопросу исследований несущей и деформативной способности пустотных плит 303

Шагин Н.Е., Петрушина О.Р., Прохоров А.В. Испытание трехслойной стеновой панели 307

Секция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

Богданова Д.А. Особенности проектирования хостелов при реконструкции 312

Быков И.Е. Исследование норм проектирования детских садов в России и за рубежом 316

Груздева А.В., Митюгов А.А. Верификация программы Autodesk Flow Design 321

Казакова Е.Д. Повышение энергетической эффективности общежития при реконструкции 323

Мельник В.С., Фомин С.С. Проблема паркинга многоквартирных домов 327

Сысоева А.А. Внедрение инновационных геодезических технологий в строительной деятельности 329

Хмелёв А.А. Анализ организации парковочных мест в центре города Вологды 332

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»

Брыгин А.Ю. Оценка эффективности работы городских канализационных очистных сооружений 336

Воробьева Т.А. Достижение природоохранных нормативов на малых очистных сооружениях канализации 339

Говоров В.О. Усовершенствованная технология обезжелезивания подземных вод 342

Исаенко Д.М. Электрохимическая обработка больничных стоков 345

Краева О.Н. Геодезические методы при определении высотного положения объектов водоотведения.....349

Крылова Ю.В. Направления интенсификации работы канализационных очистных сооружений 352

Кузнецов Н.А. Применение замораживания и оттаивания осадков на иловых площадках 356

Куклин С.В. Промывка скорых фильтров с помощью ультразвука.....359

Куцевол М.А. Исследование процесса предаэрации осадков сточных вод.....362

Силинский В.А. Улучшение качества минерализованных вод, используемых для приготовления гипохлорита натрия.....365

Соколова О.Е. Исследование возможности сокращения объема воды на собственные нужды ХВО.....368

Телятникова А.М., Виноградов С.И. Мембранные фильтры для доочистки сточных вод 372

Шеталина Е.В. Влияние солесодержания на качество сточных вод "Башнефть-УНПЗ" 376

Шмалько В.М. Экологическая обстановка озера Байкал 380

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
XI ЕЖЕГОДНОЙ НАУЧНОЙ СЕССИИ
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
Том I

Редактор Ланькова А.И.

Оригинал-макет подготовлен Кудрявцевым С.В.

Подписано в печать 18.12.2017.
Формат 60×90 1/16. Бумага офисная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,75.
Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано: ИП Киселев А.В.
г. Вологда, Пошехонское шоссе, 18, корпус Н