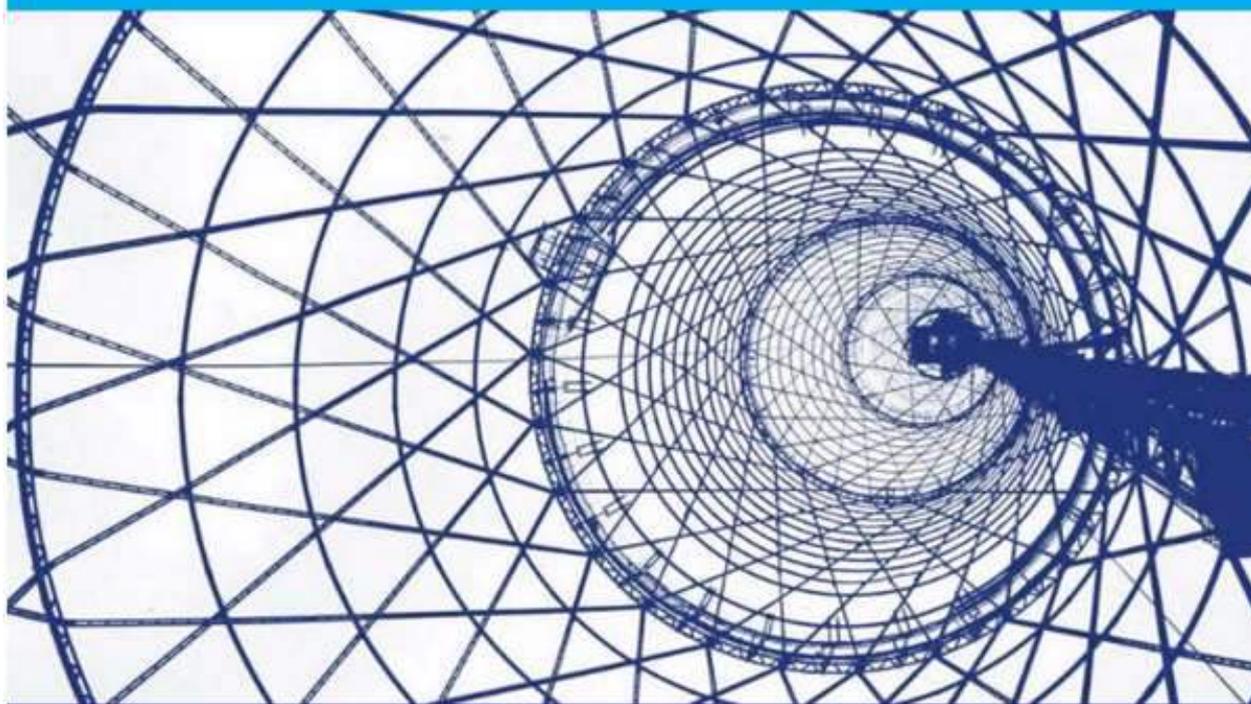


Молодёжный вестник
Новороссийского филиала
Белгородского технологического
университета им. В. Г. Шухова



Том 2, №1 / 2022

Новороссийск
2022

Молодёжный вестник Новороссийского филиала
Белгородского государственного технологического
университета им. В. Г. Шухова.

Научный сетевой журнал

Издаётся с марта 2021 года

Выходит 4 раза в год

ISSN 2713-0576 (электронная версия)

Том 2, № 1 (5)

март-май 2022 г.

Главный редактор: В. Г. Шеманин

Заместитель главного редактора: В. П. Колпакова

Заместитель главного редактора: М. М. Кугейко

Заместитель главного редактора: И. В. Чистяков

Ответственный редактор: О. В. Мкртычев

Редакционная коллегия: Е. В. Агамагомедова, М. Д. Герасимов, В. В. Дьяченко,
Г. Ю. Ермоленко, Л. В. Жукова, М. М. Замалеев, Е. В. Колпакова, Д. Т. Курманова,
А. Б. Лолаев, Б. Б. Махиев, Л. С. Полякова, П. В. Ротов, О. В. Руденко, Л. А. Русинов,
Ю. Ю. Старчик, А. А. Тихомиров, В. А. Туркин, С. А. Филист, А. В. Хапин, Ю. В. Чербачи,
Т. Л. Чунгурова, Ю. Б. Щемелева, Л. В. Яблонская

Учредитель: ФГБОУ ВО БГТУ им. В. Г. Шухова

Издатель: Филиал БГТУ им. В. Г. Шухова в г. Новороссийске

Адрес редакции:

353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75

Тел. +78617221333

<https://rio-nb-bstu.science/>

e-mail: editor-molod@nb-bstu.ru

Свидетельство о регистрации: серия Эл № ФС77-81069 от 02 июня 2021 г.

Опубликовано 24.12.21

© Филиал БГТУ им. В. Г. Шухова в г. Новороссийске, 2022

Содержание:

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА*Рыбников А. М., Рыбникова И. А., Цаллагов С. Ч.***Из опыта испытаний буронабивных свай большого диаметра на различные виды нагрузок в шлаковых отвалах металлургического производства** стр. 5*Рыбников А. М., Рыбникова И. А., Цаллагов С. Ч.***О влиянии выполненных различными способами уширений по стволу и в торце буронабивных свай на их несущую способность** стр. 13**ФИЗИКА. МЕХАНИКА. ХИМИЯ***Иванова П. А., Игнатъев А. А., Гриневич В. И., Иванов А. Н.***Исследование воздействия диэлектрического барьерного разряда на раствор перманганата калия** стр. 19*Игнатъев А. А., Иванова П. А., Квиткова Е. Ю.***Разложение водных растворов парацетамола с использованием низкотемпературной неравновесной плазмы в среде кислорода** стр. 25*Говорков Ю. А.***Динамическое моделирование и управление адаптивной тягой для мобильных роботов** стр. 31**ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ***Воробьёв А. Е., Агамагомедова Е. В.***Пути развития ветровой электроэнергетики в г. Грозном** стр. 39*Орлов М. Е., Винайкина И. В.***Перевод промышленно-отопительной котельной в режим мини-ТЭЦ с использованием паровой винтовой машины** стр. 54*Башмаков Д. А., Мальковский С. С., Пазушкина О. В.***Особенности ветроэлектростанции в Ульяновской области** стр. 59*Хусаинов А. И., Замалеев М. М.***Внедрение абсорбционной холодильной машины в цикл газотурбинных и парогазовых установок для повышения тепловой мощности** стр. 64**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК. ФИНАНСОВАЯ НАУКА***Лухутаивили Э. Г.***Использования юаня как мировой валюты в России: возможности и риски ...** стр. 68

**ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПЕДАГОГИКА
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ***Полякова Л. С.***К вопросу о качестве профессиональной подготовки современного
специалиста с высшим техническим образованием стр. 74****ИНФОРМАТИКА***Заргарян Е. В.***Система управления данными в птичнике стр. 78***Заргарян Ю. А.***Использование миоэлектрических сигналов в протезировании стр. 85****ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ***Астафьева Д. В., Щемелева Ю. Б.***Мониторинг состояния ЛЭП: инновационные решения стр. 91**

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_5

УДК 624.15.04

ГРНТИ 67.11.29

Из опыта испытаний буронабивных свай большого диаметра на различные виды нагрузок в шлаковых отвалах металлургического производства^{1*} Рыбников А. М., ² Рыбникова И. А., ² Цаллагов С. Ч.¹ ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 353918, Россия, Новороссийск, пр. Ленина 93² НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75email: * a.ribnikov@novoroskhp.ru, rybnikova-i-a@nb-bstu.ru, s.tsallagov@novoroskhp.ru

Рассмотрена возможность устройства буронабивных свай большого диаметра в слежавшихся шлаковых отвалах металлургического производства Магнитогорского металлургического комбината. Проведены испытания 13 свай диаметром 1 м длиной от 12 до 21 м на действие вертикальной вдавливающей, горизонтальной и выдёргивающей нагрузками с использованием испытательных стендов. Для испытаний вдавливающей нагрузкой большой величины запроектирован и изготовлен специальный анкерно-упорный стенд с пригрузом. По результатам испытаний определены фактические несущие способности этих свай в шлаковых отвалах на действие различных видов нагрузок. Полученные результаты использованы при проектировании и устройстве фундаментов кислородно-конверторного цеха Магнитогорского металлургического комбината.

Ключевые слова: шлаковые отвалы, буронабивные сваи, статические испытания, испытательный стенд, прогибомер, нагрузка, несущая способность.

Введение

В России в шлаковых отвалах накоплено порядка 800 млн. тонн шлаков (отходов чёрной и цветной металлургии). В настоящее время ежегодно образуется более 95 млн. тонн шлаков, в том числе около 79 млн. тонн шлаков доменного, сталеплавильного, литейного и ферросплавного производств, часть из которых перерабатывается [1]. Иногда при реконструкции и расширении действующих металлургических предприятий из-за технологических и коммуникационных особенностей возникает необходимость строительства на шлаковых отвалах. Это исключает использование свободных земельных площадей и позволяет обеспечить оптимальные технологические связи с действующими производствами предприятий. Известно, что шлаковые отвалы металлургического производства с течением времени в определённых условиях разлагаются или пучинятся [2]. Поэтому считается, что они являются ненадёжным основанием для строительства сооружений.

В таких условиях встаёт вопрос о выборе рациональных типов фундаментов, как под тяжёлые основные сооружения (цеха, блоки), так и под лёгкие вспомогательные здания (АБК, склады). Такая проблема возникла, например, при строительстве комплекса кислородно-конверторного цеха Магнитогорского металлургического комбината. Учитывая особенности шлаковых отвалов как оснований сооружений (малая изученность, мощные, неоднородные и неравномерные по высоте отсыпки и др.), оптимальной конструкций

фундаментов указанного цеха являлись бы свайные фундаменты из буронабивных свай. Технология устройства таких свай (в том числе большого диаметра) в различных грунтовых условиях отработана, особенности их работы хорошо изучены [3–6]. В России имеется богатый опыт применения буронабивных свай на крупных и ответственных стройках. Удельный вес фундаментов из буронабивных свай в целом по стране достигает 10%. В то же время в США, ФРГ и Японии применение таких свай составляет 40...60% от всего объёма используемых свай [7], что указывает на резервы дальнейшего изучения и развития свайного фундаментостроения в различных грунтовых условиях в стране, в том числе из буронабивных свай большого диаметра (начиная от 0,8 м) в шлаковых отвалах металлургического производства.

К основным преимуществам буронабивных свай большого диаметра относятся:

- отсутствие влияния зимнего периода на темпы земляных (бурильных) работ;
- использование в качестве несущего слоя прочных грунтов, залегающих на большой глубине;
- возможность передачи на одну сваю вертикальной нагрузки до 10000 кН;
- восприятие значительных горизонтальных нагрузок стволом большого диаметра;
- армирования ствола только в верхней части, так как в нижней части отсутствуют моментные и горизонтальные силы.

Следует отметить, что в этом конкретном случае рассматривался также вариант применения известной конструкции бареттов (плоских набивных свай) – глубокие прямоугольной формы выемки в грунте, под которые изготавливаются плоским напорным грейфером [8–11]. Однако по ряду организационных причин выбор был остановлен на буронабивных сваях диаметром 1 м.

Цель и задачи испытаний

Известно, что одним из рациональных видов фундаментов при строительстве и реконструкции объектов металлургических предприятий являются буронабивные сваи большого диаметра [12]. Для практического применения свайных фундаментов в малоизученных грунтах, к которым относятся шлаковые отвалы металлургического производства, требуется исследование их работы в естественных условиях. Наиболее достоверными являются результаты натурных испытаний свай. Цель проведения испытаний буронабивных свай в шлаковых отвалах – получить фактические результаты несущей способности свай на действие вертикальной вдавливающей, горизонтальной и выдёргивающей нагрузок в соответствии с ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». При этом решались задачи по отработке изготовления свай в шлаковых отвалах и проектировании и изготовлении испытательных пригрузочного стенда для испытания свай значительной статической вдавливающей нагрузкой. Всего было испытано 13 свай диаметром 1 м длиной от 12 до 21 м на разные виды нагрузок.

Основная часть

Поверхность площадка строительства комплекса кислородно-конверторного цеха Магнитогорского металлургического комбината покрыта многолетними отвалами металлургического производства – доменными и мартеновскими шлаками с включениями металлолома, литья, формовочной земли, строительного мусора. Мощность шлаковых отвалов ($E = 50$ МПа, $\gamma_0 = 2,0$ г/см³) составляла до 10...20 м. Толща шлаков после планировки площадки и отрывки котлована под испытательный полигон стала составлять в среднем 5...6 м. Природные грунты, залегающие под шлаками, сложены сверху вниз из почвенно-растительного слоя (0,5 м), суглинка и глин аллювиального и делювиального происхождения

(1...4 м), галечнико-песчано-гравийных отложений (3...5 м), коренных пород туфов и порфиритов (10 м). Уровень грунтовых вод располагался на глубине 1,5...2 м от планировочной отметки земли. Воды не агрессивны к бетону, изготовленному на основе сульфатостойкого портландцемента.

Блок первой очереди строительства представлял собой сооружение с размерами в плане 366×372 м и максимальной высотой в конверторном пролёте 79 м. По расчётам проектировщиков вертикальные нагрузки на колонны стального каркаса объектов комплекса, в зависимости от назначения, составили 800...57000 кН, горизонтальные – 600...5300 кН, моментные – 900...23000 кН·м. Так как нормативные документы по проектированию и устройству фундаментов на шлаковых отвалах отсутствуют было принято решение пройти слои шлаков и слабых грунтов буронабивными сваями до прочных коренных пород. Для этого предварительно была определена возможность и отработана технология их устройства в натуральных условиях. Целью проведения испытаний свай на площадке кислородно-конвертерного цеха являлось определение их несущей способности при действии вдавливающей, горизонтальной и выдёргивающей нагрузок.

Для бурения скважин использовалась бурильная грейферная установка «BADE» производства фирмы «Тейбол» (Германия). Конструкция рабочего органа машины подбиралась с учётом рекомендаций [12]. Всего на четырёх экспериментальных полигонах Мостоотрядом № 105 (Магнитогорск) были пробурены 24 скважины диаметром 1 м под опытные и анкерные сваи длиной от 12,5 до 21,3 м. Стенки скважин для предотвращения от оплывания крепились стальными обсадными трубами. Разрыхлённый и осыпавшийся грунт в забоях скважин не уплотнялся, а зачищался грейфером бурильной установки. Скважины армировались на всю глубину армокаркасами из 18 стержней арматуры диаметром 28 мм класса А-500, и бетонировались бетоном класса В25 методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ).

Для испытаний вдавливающей нагрузкой был специально запроектирован и изготовлен анкерно-упорный стенд, который представлял собой конструкцию, которая вначале монтировалась из двух стальных пространственных площадок (рис. 1). Затем на стойки площадок укладывались две главные балки и жёстко соединялись с анкерными сваями посредством труб с вырезами для второстепенных балочек. Под главные балки подводилась поперечная упорная второстепенная балка для восприятия усилий от гидродомкратов. В качестве пригруза использовались стальные слитки (слябы), укладываемые как на главные балки, так и на площадки. Стенд был рассчитан на восприятие усилий до 20000 кН. Его высота с пригрузом достигала 10 м (рис. 2).

Вертикальной вдавливающей нагрузкой были испытаны 5 свай, горизонтальной – 6 свай (рис. 3), и выдёргивающей – 2 сваи (рис. 4). Осевые вдавливающие нагрузки создавались тремя гидравлическими домкратами ДГ-500 грузоподъёмностью до 5000 кН, выдёргивающие нагрузки – одним гидродомкратом ДГ-500, горизонтальные нагрузки – гидродомкратом ДГ-200 грузоподъёмностью до 2000 кН.

Давление в домкратах создавалось насосной масляной станцией НСП-400. Реактивные усилия от гидро-домкратов при вдавливающей нагрузке воспринимались четырьмя анкерными сваями и анкерно-упорным стендом. Минимальное расстояние от испытываемой сваи до анкерных свай и между анкерными сваями составляло 4,5 м.

В процессе испытаний свай их перемещения измерялись двумя прогибомерами системы Максимова ПМ-3 с ценой деления шкалы равной 0,1 мм, закреплённых на реперах. По результатам испытаний были построены графики перемещений свай от приложенного вида нагрузки, а по графикам определена их несущая способность на эти виды нагрузок. За несущую способность принималась такая нагрузка, при которой величина перемещений свай оказывалась равной: при вдавливающей нагрузке – 30 мм, горизонтальной – 10 мм, выдёргивающей – 2 мм в соответствии с СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».

Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» и СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*».



Рис. 1. Монтаж анкерно-упорного стенда для испытаний свай вдавливающей нагрузкой

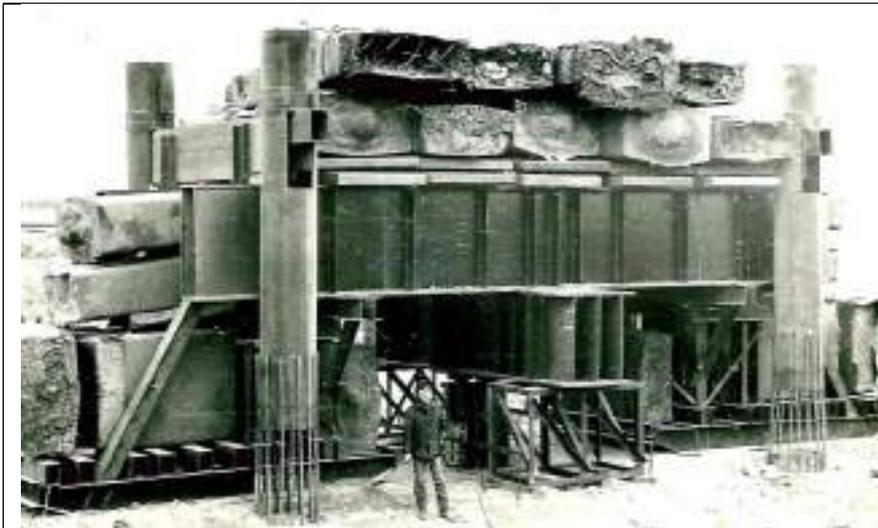


Рис. 2. Смонтированный анкерно-упорный стенд с пригрузом для испытаний свай вертикальной вдавливающей нагрузкой

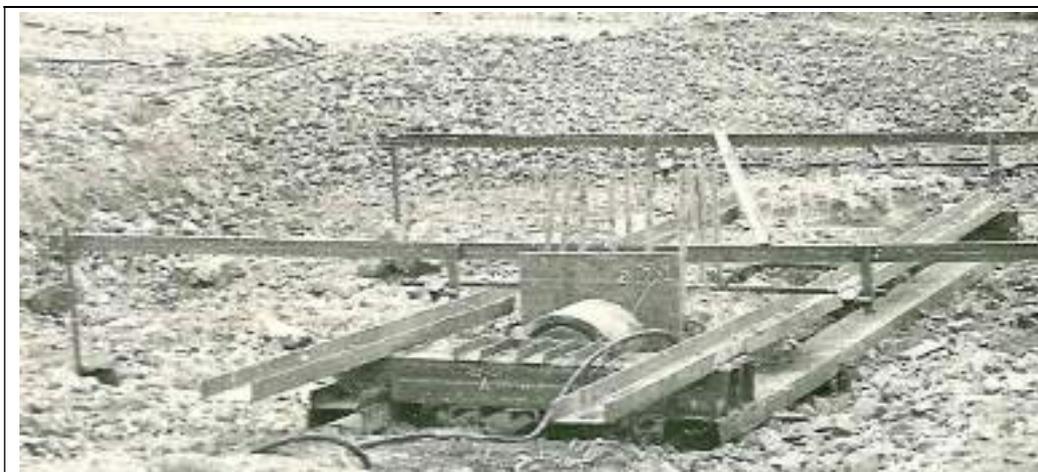


Рис. 3. Испытания свай горизонтальной нагрузкой



Рис. 4. Испытания свай выдёргивающей нагрузкой

Результаты испытаний

Несущие способности буронабивных свай диаметром 1 м разной длины в шлаковых отвалах металлургического производства Магнитогорского металлургического комбината, определённые по графикам испытаний на вдавливающую нагрузку F , горизонтальную нагрузку $F_{гор}$ и выдёргивающую нагрузку $F_{выд}$, сведены в таблице.

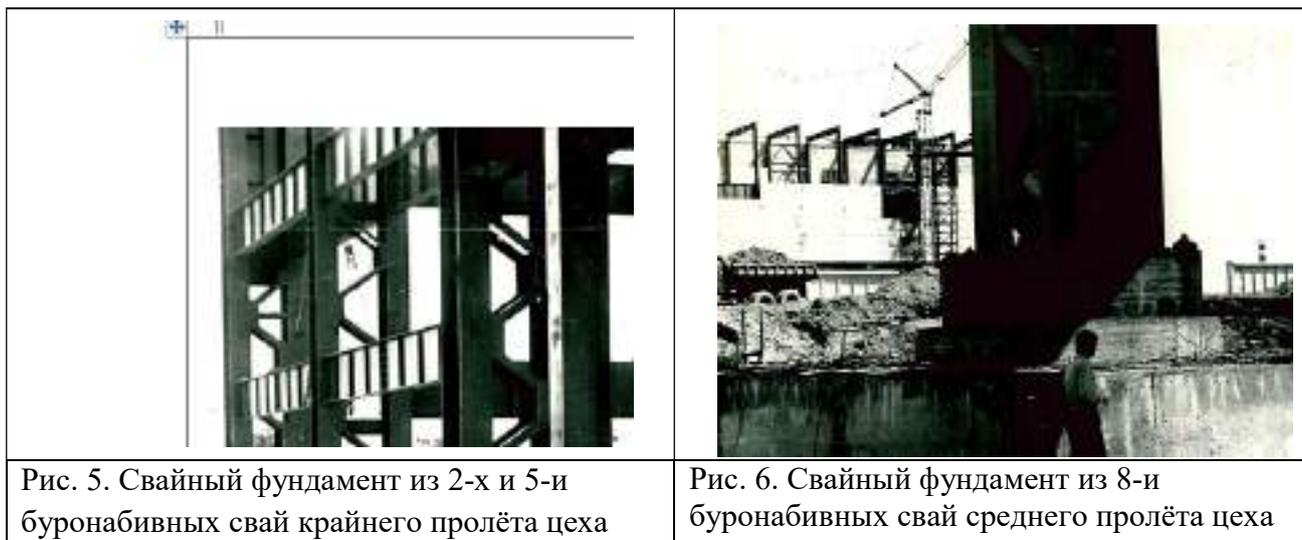
Результаты испытаний буронабивных свай диаметром 1 м статическими нагрузками

Марка опытной сваи	Длина сваи, м	Максимальная нагрузка, приложенная к свае, кН	Перемещение сваи при наибольшей нагрузке, приложенной к свае, мм	Несущая способность свай, кН		
				на вертикальную нагрузку, F	на горизонтальную нагрузку $F_{гор}$	на выдёргивающую нагрузку $F_{выд}$
Вдавливающая нагрузка						
ОС-1	15,1	12000	13,15	12000	-	-
ОС-2	12,5	9750	19,45	9750	-	-
ОС-3	12,6	12000	12,55	12000	-	-
ОС-4	15,4	4500	41,10	3400	-	-
ОС-5	15,2	13500	25,20	13500	-	-
Горизонтальная нагрузка						
ОС-6	17,4	1650	14,10	-	1400	-
ОС-7	16,8	1650	21,01	-	1300	-
ОС-8	16,4	1800	9,35	-	1800	-
ОС-9	17,5	1800	13,65	-	1550	-
ОС-10	19,0	1500	20,05	-	1280	-
ОС-11	18,3	1500	12,25	-	1350	-
Выдёргивающая нагрузка						
ОС-12	19,2	2600	3,65	-	-	2000
ОС-13	21,3	2750	3,45	-	-	2200

Из таблицы видно, что несущую способность буронабивных свай длиной 12 м на вдавливающую нагрузку можно принять равной 9500 кН, а для свай длиной 15 м – 12 000 кН. Низкая несущая способность свай ОС-4 объясняется нарушением сплошности её ствола при бетонировании. При отработке технологии устройства свай произошёл перерыв в её бетонировании по организационно-технической причине с извлечением обсадной трубы. Вероятно, стенки скважины осыпались, и потому сплошность ствола нарушилась. Дальнейшее бетонирование свай производилось без обсадной трубы.

Полученные несущие способности испытанных свай длиной 17...19 м на горизонтальную нагрузку не сильно отличаются друг от друга. Это связано с тем, что нижними концами они жёстко защемлены в коренных скальных породах, и при нагрузке отклоняются по горизонтали свободными консольными частями. Величина отклонения зависит от плотности шлаков, прилегающих к головным частям свай. Поэтому за несущую способность на горизонтальную нагрузку следует принять наименьшее из полученных значений, то есть 1200 кН.

Несущая способность двух испытанных свай на выдёргивающую нагрузку свай практически идентична – с учётом разницы их длины – 19 и 21 м и равна 2000 кН. Приведённые результаты испытаний свай в шлаковых отвалах были использованы при проектировании и возведении свайных фундаментов кислородно-конверторного цеха Магнитогорского металлургического комбината (рис. 5, 6). Возведённый на таких сваях цех эксплуатируется нормально.



Выводы

С помощью бурильно-грейферных установок можно проходить шлаковые отвалы металлургического производства и устраивать в них сваи диаметром до 1 м с опиранием на прочные грунты. Изготовленные в таких условиях буронабивные сваи обладают высокой несущей способностью на действие вертикальной, горизонтальной и выдёргивающей нагрузок.

Применение таких свай в шлаковых отвалах Магнитогорского металлургического комбината позволило при строительстве кислородно-конверторного не занимать дополнительно свободную территорию и приблизить цех к промышленной к инфраструктуре комбината. Дальнейшие исследования шлаковых отвалов металлургического производства в качестве оснований зданий и сооружений, в том числе для свайных фундаментов из буронабивных свай большого диаметра, необходимо продолжить.

Список литературы

1. Шадрунова И. В., Колодежная Е. В. Перспективы применения центробежно-ударной техники для переработки металлургических шлаков // Магнитогорск: МагНГТУ. Урал-Омега, 2008. 7 с.
2. Зоря В. Н. Исследование техногенных отходов чёрной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологии их переработки: дис. канд. техн. наук. Новокузнецк: Сибирский гос. индустр. ун-т, 2015. 207 с.
3. Бахолдин Б. В., Светинский Е. В., Остров В. И. Современные конструкции свай и ростверков (Обзор). М.: ЦНТИ по гражд. стр-ву и арх-ре, 1973. 74 с.
4. Бойко Н. В. Технология и организация устройства свайных фундаментов: автореф. дис. док. техн. наук. Москва, 1990. 40 с.
5. Бойко Н. В., Кадыров А. С., Харченко В. В., Щелконогов В. Н. Технология, организация и комплексная механизация свайных работ. М.: Стройиздат, 1985. 303 с.
6. Филатов А. В., Швец Б. Я. Применение свай-колонн на строительстве Карагандинского металлургического комбината // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1971. № 2. С. 17–18.
7. Методические рекомендации по возведению буровых опор-колонн для зданий каркасного типа // Киев: НИИСП Госстроя УССР, 1976. 79 с.
8. Рыбников А. М., Першин В. Г. Возведение фундаментов-бареттов в сложных условиях реконструкции плавильного цеха Ермаковского завода ферросплавов // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство/ Алма-Ата: КазЦНТИС, 1991. № 1. 5 с.
9. Адикаев В. А., Катценбах Р. В., Галинский О. М., Дунаевский Р. А. Комбинированный свайно-плитный фундамент с применением баретт // Жилищное строительство, 2009. № 7. С. 24–27.
10. Рыбникова И. А., Рыбников А. М. Опыт применения бареттных фундаментов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. № 4. С. 23–27.
11. Знаменский В. В., Бахолдин Б. В., Парфёнов Е. А., Мусатова М. В. Исследование несущей способности баретт для 56-этажного жилого здания // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2019. № 1. С. 2–6.
12. Филатов А. В. Развитие теории и практики реконструкции фундаментов и подземных сооружений металлургических предприятий: автореф. дис. док. техн. наук. Санкт-Петербург, 1992. 45 с.
13. Харченко В. В. Выбор конструкций рабочих органов бурильных машин для образования скважин большого диаметра в различных грунтовых условиях // Тезисы докладов республиканского совещания (24–26 мая 1989 г.) Устройство оснований и фундаментов в региональных грунтовых условиях Казахстана / Алма-Ата: Казстройтехпроект Госстроя КазССР, 1989. С. 44–45.

From the experience of testing large diameter bored piles for various types of loads in slag dumps of metallurgical production

¹ Rybnikov A. M., ² Rybnikova I. A., ² Tsallagov S. Ch.

¹ GMU named after adm. F. F. Ushakov, 353918, Russia, Novorossiysk, Lenin Ave. 93

² NB BSTU named after V.G. Shukhov, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75

The possibility of installing large-diameter bored piles in the caked slag heaps of the metallurgical production of the Magnitogorsk Iron and Steel Works is considered. 13 piles with a diameter of 1 m

and a length from 12 to 21 m were tested for the effect of vertical indentation, horizontal and pulling loads using test benches. A special anchor-thrust stand with a preload has been designed and manufactured for testing with a large pressing load. According to the test results, the actual bearing capacity of these piles in slag heaps for the action of various types of loads has been determined. The results obtained were used in the design and construction of the foundations of the oxygen converter shop of the Magnitogorsk Metallurgical Combine.

Keywords: slag heaps, bored piles, static tests, test bench, deflection meter, load, bearing capacity.

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_13

УДК 624.15.04

ГРНТИ 67.11.29

О влиянии выполненных различными способами уширений по стволу и в торце буронабивных свай на их несущую способность^{1*} Рыбников А. М., ² Рыбникова И. А., ² Цаллагов С. Ч.¹ ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 353918, Россия, Новороссийск, пр. Ленина 93² НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75email: * a.ribnikov@novoroskhp.ru, rybnikova-i-a@nb-bstu.ru, s.tsallagov@novoroskhp.ru

Рассмотрена возможность использования буронабивных свай. При реконструкции существующих предприятий часто возникают трудности, связанные со стеснённостью строительной площадки. Поэтому при устройстве фундаментов целесообразно использовать конструкции, обладающие небольшими размерами в плане. К таким конструкциям фундаментов относятся, в частности, на буронабивных сваях, изготавливаемые непосредственно на строительной площадке путём бурения скважин и заполнения их бетоном. В отличие от забивных свай при их устройстве отсутствует динамическое влияние на основания рядом расположенных сооружений.

Ключевые слова: буронабивная свая, камуфлетное уширение, уширение сваи вдавливанием, уширение сваи раскатыванием, несущая способность.

Введение

Буронабивные сваи целесообразно применять в маловлажных глинистых грунтах, когда бурение скважин и бетонирование производится сухим способом без применения обсадных труб или защитного глинистого раствора (суспензии) для крепления стенок скважин. Однако известно, что несущая способность цилиндрических буронабивных свай по материалу ствола реализуется лишь на 30...40 %, и по грунту – на 50...60 %. Увеличение несущей способности может быть реализовано созданием оптимальной геометрии её ствола, в частности, устройством уширений в торце и по стволу. Устройство уширений позволяет передать на грунт значительные нагрузки и наиболее полно использовать несущую способность ствола сваи. Сваи бывают с камуфлетной пятой, устраиваемой взрывом, а также с уширениями, выполненными механическим способом резанием или вдавливанием грунта в местах уширения ствола [1].

Сваи с уширениями, устроенными с помощью механических режущих уширителей, имеют меньшую несущую способность по сравнению со сваями, у которых уширение выполнено вдавливанием, раскатыванием или камуфлетированием (взрывом) грунта. Это связано с тем, что вокруг расширенной таким способом части грунт не уплотняется. Срезанный грунт может осыпаться и оставаться в нижней части полости, что понижает несущую способность сваи. В уширениях, выполненных раскатыванием, вдавливанием или камуфлетированием, этот недостаток устранён. Однако во всех случаях устройство уширений требует больших затрат времени – операции устройства полости специальными механизмами или машинами занимает в отдельных случаях значительно больше времени, чем бурение скважины.

Поэтому с экономической точки зрения выгодно, чтобы уширители применялись в качестве рабочего навесного оборудования бурильной машины.

Более экономичными являются сваи с камуфлетной пятой, образуемой энергией взрыва. Скорость образования уширения в этом случае, даже с учётом подготовки взрывных работ, значительно превышает другие способы устройства уширений. Во время вдавливания или раскатывания уширений в скважине, а также в момент камуфлетирования происходит отжатие грунта от стенок скважины, вследствие чего грунт уплотняется. Это повышает удельную несущую способность (на 1 м³ материала) свай. Косвенным критерием получения заданного размера уширенной камуфлетной пяты (рис. 1) является объём бетонной смеси, просевшей в полость, то есть высота опускания столба бетонной смеси в скважине после взрыва [2].



Рис. 1. Отрытая буронабивная свая с камуфлетным уширением в торце

Однако камуфлетные сваи наряду с преимуществами имеют и недостатки, связанные со взрывными работами: привлекаются специалисты-взрывотехники, прекращаются работы при проведении взрывных операций, сотрясается грунт взрывной волной. Поэтому при выполнении таких свайных работ вблизи существующих сооружений и работающей техники следует принимать организационные и технические меры по безопасному ведению взрывных работ.

Методология

В целях определения эффективности использования буронабивных свай с уширениями, выполненными различными способами, проводились натурные полевые испытания на разных полигонах, сложенных связными глинистыми маловлажными грунтами вертикальной вдавливающей статической нагрузкой согласно ГОСТ 5686-2012 [3]. По результатам испытаний строились графики зависимости «нагрузка-осадка», и по ним определялась несущая способность свай по нормативному документу [4]. Проверка качества изготовления ствола и уширений определялись посредством отрывки свай из грунта. Для

определения напряжений по контакту уширений и грунта, а также распределения давлений по стволу использовалось тензометрическое оборудование/

Основная часть

Для выявления характера распределения контактных напряжений по сферической поверхности камуфлетной пяты в глинистых грунтах в г. Темиртауна опытном полигоне на территории Карагандинского металлургического комбината были произведены испытания сваи вертикальной статической нагрузкой с одновременным замером напряжений по контакту «пята сваи–грунт» [5]. Для опытной камуфлетной сваи в забое скважины диаметром 600 мм и глубиной 2,5 м устанавливался заряд взрывчатого вещества (ВВ). Затем скважина заполнялась водой (гидрозабойка), и производился взрыв ВВ, в результате чего получалось полое сферическое уширение в основании скважины. Вода частично выбрасывалась из гидрозабойки и испарялась от высоких температур продуктов взрыва, что позволяло предварительно произвести замер камуфлетной полости с помощью специальной тарировочной штанги до укладки бетонной смеси. После рассеивания взрывных газов и удаления остатков воды в камуфлетной полости устанавливались мессдозы конструкции ЦНИИСК [6]. Уширение диаметром 1 м имело симметричную форму относительно вертикальной оси. По данным тензометрических замеров строилась эпюра контактных напряжений в грунте под уширенной пятой камуфлетной сваи.

В результате испытаний было установлено, что в поперечных сечениях при давлении под пятой по оси сваи от 0,2 до 1,0 МПа эпюры имеют ярко выраженную параболическую форму (рис. 2). Сравнение максимальных контактных напряжений по оси сваи со средними значениями удельных величин сопротивления грунта, принимаемых условно распределёнными равномерно по площади круга, показало, что последние на 11 % меньше. Это следует учитывать при проектировании фундаментов из свай с таким уширением.

С целью определения эффективности буронабивных свай с уширением, образованным режущим уширителем на строительной площадке Ермаковского завода ферросплавов (ЕЗФ) был заложен опытный полигон [7]. Площадка полигона сложена глинами полутвёрдой консистенции. Для получения и сравнения данных о несущей способности с уширением и без него были изготовлены эталонные цилиндрические сваи диаметром 0,6 м длиной 5,3 м и сваи с уширением такой же длины и диаметром уширения 1,2 м. Все скважины армировались и заполнялись бетоном литой консистенции с уплотнением глубинным вибратором. Перед армированием и бетонированием забой скважин зачищался от остатков разбуренного грунта. Хорошее качество полученных уширений подтвердилось при откапывании свай. Свод и забой уширений, выполненных уширителем раскатывающего действия, имели гладкую уплотнённую поверхность (рис. 3).

На этом же полигоне были заложены, испытаны, а потом откопаны буронабивные сваи с камуфлетным уширением в забое, а также с уширением в средней части ствола, выполненное раскатывающим способом с помощью роликов. Форма уширений и качество их поверхностей соответствовали установленным требованиям (рис. 4). Для разделения на составляющие нагрузки, действующие на сваю, в процессе бетонирования по стволу сваи устанавливались тензодинамометры [8] с помощью электрического датчика уровня горизонтальности (ЭДУГ). Обработка результатов испытаний свай показали, что несущая способность свай с одним уширением 2,3 раза выше, чем у цилиндрических свай, а у свай с двумя уширениями – в 2,8 раза, что говорит о нецелесообразности устройства второго уширения.

Полная реализация сил сопротивления грунта по боковой поверхности у свай с уширением на уплотнённом основании происходила при их осадке на 5...7 мм и на 10...18 мм у свай с уширением, выполненном резанием грунта. Доля несущей способности, воспринимаемая

торцом цилиндрических свай, составила 50...55 %, а сваи с уширенным основанием – 75...80 %. Кривая графика «нагрузка-осадка» у свай с уширением имеет более пологий характер, чем у цилиндрических свай без уширений, что говорит о неполном использовании сопротивления грунта в основании уширения.

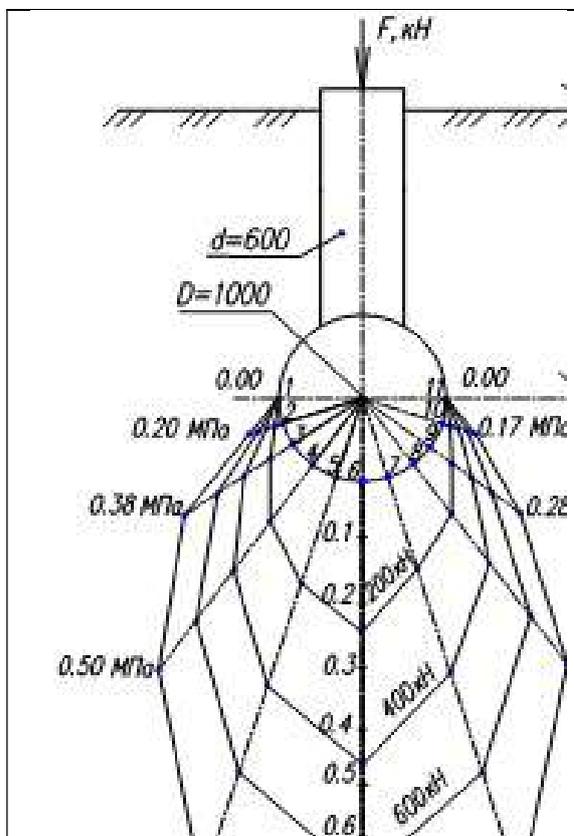


Рис. 2. Эпюры распределения контактных напряжений под камуфлетным уширением сваи



Рис. 3. Отрытая свая с уширением в торце, выполненным режущим способом

Таким образом, применение буронабивных свай с уширенным основанием, образованным уширителем с уплотняющими катками или камуфлетным уширением, приводит к рациональному использованию материала ствола сваи и повышению её удельной несущей способности. Использование второго уширения по стволу сваи нецелесообразно как по несущей способности, так и времени устройства уширения.

На другой площадке ЕЗФ, сложенной глинами от полутвёрдой до твёрдой консистенции, проводились исследования буронабивных свай диаметром 0,6 м длиной 5 м, выполненных уширителями конструкций раскатывающего действия с уплотняющими катками и режущего действия с ножами [9]. Исследования показали, что на удельную несущую способность свай оказывают влияние диаметр и тип выполненного уширения. Для свай с уширениями диаметром 0,8; 1,0; 1,2 м, выполненных раскатыванием, их несущая способность возрастала соответственно в 1,5; 1,9; 2,3 раза. При указанных диаметрах пяты прирост сопротивления уплотнённого грунта составил соответственно 18; 24; 38 %. Анализ экспериментов показал, что удельная несущая способность свай с одинаковой уширенной пятой, образованной уширителем с режущими ножами, на 14...31 % ниже удельной несущей способности свай с уширенной пятой, образованной уширителем с уплотняющими катками. Таким образом, затраты машинного времени и материала на устройство уширений ствола свай, особенно уплотняющего действия, целесообразны и эффективны.

Выводы

Исследования буронабивных свай с уширениями, выполненными разными способами, позволили сделать следующие выводы.

- уплотнение грунта при образовании уширенной пяты раскатыванием и камуфлетированием в основании сваи увеличивает удельную несущую способность буронабивных свай при прочих равных условиях до 1,5 раз;

- второе уширение по стволу сваи значительного эффекта не приносит, что говорит о нецелесообразности его применения;

- удельная несущая способность свай с уширенной пятой на уплотнённом катками основании на 18...30 % превосходит удельную несущую способность свай с уширенной пятой режущего типа на неуплотнённом основании;

- эпюра контактных напряжений в основании уплотнённого уширения сваи имеет ярко выраженную параболическую форму, что необходимо учитывать при проектировании свайных фундаментов;

- буронабивные сваи с уширенной пятой на уплотнённом основании передают значительные нагрузки на уширенную пяту при малых её осадках, что обеспечивает одновременное наиболее полное использование сопротивления пяты и боковой поверхности такой сваи;

- у свай с уширенной пятой на неуплотнённом основании пята сваи вступает в работу лишь после проскальзывания боковой поверхности ствола при значительных осадках.

Список литературы

1. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
2. Бойко Н. В. Технология и организация устройства свайных фундаментов: Автореф. дис. док. техн. наук. Москва, 1990. 39 с.
3. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
4. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
5. Филатов А. В. Развитие теории и практики реконструкции фундаментов и подземных сооружений металлургических предприятий: Автореф. дис. док. техн. наук. Санкт-Петербург, 1992. 45 с.
6. Баранов Д. С. Руководство по применению прямого метода измерения давлений в сыпучих средах и грунтах. – М.: ЦНИИСК, 1965. – 147 с.
7. Гнатюк В. И., Филиппов К. Г. Влияние уширений ствола буронабивных свай на повышение их удельной несущей способности // Прогрессивные конструкции фундаментов и методы производства работ по их устройству: тезисы докладов науч.-практ. конф. / Оренбург: Изд-во «Южный Урал», 1986. С. 51–53.
8. Фремке А. В. Электрические измерения. – М.: Энергия, 1973. – 424 с.
9. Гнатюк В. И. Короткие буронабивные сваи с уширенной пятой на уплотнённом основании в глинистых грунтах: Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1986. 19 с.

On the effect of the extensions made by different methods along the trunk and at the end of the bored piles on their bearing capacity

¹ Rybnikov A. M., ² Rybnikova I. A., ² Tsallagov S. Ch.

¹ *GMU named after adm. F. F. Ushakov, 353918, Russia, Novorossiysk, Lenin Ave. 93*

² *NB BSTU named after V.G. Shukhov, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

The work of bored piles with widenings at the end, made by the camouflage method (explosive explosion energy), has been studied. According to the data of strain measurements of messdoz, it was found that in cross sections at a pressure under the fifth along the axis of the pile, the contact stress diagrams have a pronounced parabolic shape. It was also determined that the bearing capacity of piles with one camouflage broadening at the end is 2.3 times higher than that of cylindrical piles, and piles with broadening along the trunk and at the end are 2.8 times higher. The regularity of the increase in the specific load-bearing capacity in 1.5; 1.9 is revealed; 2.3 times for bored piles with a diameter of 0.6 m and a length of 5 m, with widenings, respectively, with a diameter of 0.8; 1.0; 1.2 m, made by rolling action wideners.

Keywords: bored pile, camouflage broadening, widening of the pile by indentation, widening of the pile by rolling, bearing capacity.

ФИЗИКА. МЕХАНИКА. ХИМИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_19

УДК 628.316.6.094.3

ГРНТИ 61.01.94

ВАК 05.26.06

Исследование воздействия диэлектрического барьерного разряда на раствор перманганата калия

*Иванова П. А., Игнатъев А. А., Гриневиц В. И., Иванов А. Н.

*Ивановский государственный химико-технологический университет
153000, Россия, г. Иваново, просп. Шереметевский 7*email: [*poliv3@mail.ru](mailto:poliv3@mail.ru), ignadr@yandex.ru, grin@isuct.ru, ivan100475@mail.ru

Установлено, что применение газовых разрядов атмосферного давления является эффективным способом нейтрализации ионов тяжёлых металлов, таких как марганец, при контроле промышленных стоков. Способ очистки от ионов тяжёлых металлов включает воздействие на модельные сточные воды активных частиц плазмы в среде кислорода, получаемых при возбуждении разряда над поверхностью раствора. Неравновесная низкотемпературная плазма обеспечивает очистку сточных вод от ионов тяжелых металлов, не используя при этом дополнительных реагентов. Проведены исследования по оценке эффективности восстановления перманганат ионов, определены кинетические зависимости процесса.

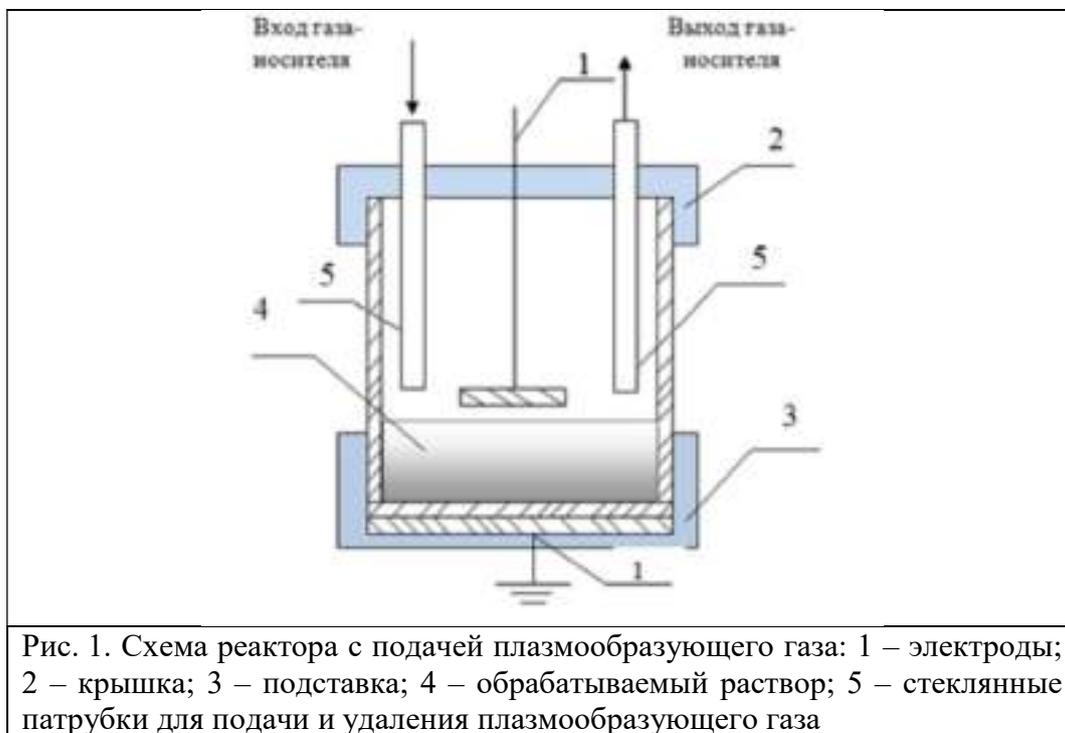
Ключевые слова: металлосодержащие сточные воды, плазма, водоочистка, кислород.

Теория и методы исследования

Очистка и повторное использование воды из промышленных и бытовых истоков становится все более привлекательным подходом к решению проблем нехватки чистой воды и ухудшения ее качества [1]. Таким образом, актуальной является задача разработки и применения многофункциональных, энергоэффективных, компактных, надёжных и не содержащих химикатов систем водоподготовки [2]. Поскольку вода является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, необходимы действенные технологии удаления критериальных загрязнителей [3]. Среди многих направлений решения экологических проблем значительный интерес со стороны ученых проявляется к методам химии высоких энергий, таким как радиационные, фотохимические и плазмохимические. Характерной чертой таких методов является высокая эффективность обезвреживания обрабатываемых соединений, а также возможность их использования для удаления или деструкции критериальных загрязнителей природных и сточных вод, таких, например, как солей тяжёлых металлов (ТМ), в частности, ионов хрома, меди, марганца. Одним из наиболее перспективных для охраны окружающей среды методов химии высоких энергий является применение неравновесных газовых разрядов различного типа [4–6].

Основной целью научно-исследовательской работы являлось изучение кинетики восстановления водных растворов перманганата калия, под действием диэлектрического барьерного разряда (ДБР) в замкнутом реакторе в среде кислорода.

В качестве объекта исследования использовались водные растворы перманганата калия с различными начальными концентрациями, равными: 5 мг/л; 20 мг/л; 50 мг/л; 80 мг/л. Эксперимент проводился на установке, основным элементом которой служил плазмохимический ДБР реактор, представленный на рис. 1.



Плазмохимический реактор представлял собой стеклянный сосуд цилиндрической формы, внутренний диаметр которого составлял 60 мм. Дно ячейки располагалось на подставке 3, выполненной из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Толщина диэлектрического барьера между электродом из алюминиевой фольги ($\varnothing 60$ мм, толщиной 20 мкм) и обрабатываемым раствором составляла 3 мм. Сосуд герметично закрывался крышкой, выполненной из ПТФЭ, в которой был вмонтирован электрод, изготовленный из алюминия ($\varnothing 30$ мм). Для регулирования межэлектродного зазора, верхний неизолированный электрод монтировался в крышку с помощью резьбы. Для подачи и удаления плазмообразующего газа в крышку были также вмонтированы два стеклянных патрубка. Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора, величина приложенного к электродам напряжения составляла 10...20 кВ, ток разряда 0,25 мА. Контроль значений первичного напряжения на высоковольтном трансформаторе осуществлялся вольтметром марки Д 5015. Расход газ-носителя регистрировался с помощью ротаметра. В качестве плазмообразующего газа использовался кислород (расход 3 см³/с). Время обработки раствора варьировалось от 1 до 60 минут. Раствор нужной концентрации готовили растворением навески перманганата калия (KMnO₄) квалификации ЧДА в дистиллированной воде. Концентрацию перманганата калия до и после обработки измеряли спектрофотометрическим методом «UNICO, мод. 2804». Рабочая длина волны составила 507 нм, так как она позволяет использовать более широкий диапазон концентраций исходного раствора перманганата калия, не превышая значения оптической плотности более четырёх.

Величина pH исследуемых растворов в ходе экспериментов до и после обработки определялась с помощью pH-метра «pH-150МИ».

Эффективность восстановления водных растворов перманганата калия(α) оценивалась по формуле:

$$\alpha(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100$$

где C_0 и C — начальная концентрация перманганата калия до обработки и после соответственно.

Полученные результаты и их обсуждение

При обработке исходного раствора происходит восстановление перманганата калия, в присутствии образующегося пероксида водорода, до диоксида марганца. С увеличением времени обработки раствора наблюдается преобразование окраски, которое зависит от начальной концентрации растворов и времени проведения эксперимента в диэлектрическом разряде (рис. 2.). При увеличении времени обработки до 1 часа ($C_0 = 5$ мг/л) интенсивность окраски раствора значительно снижается. Переход фиолетового окраса в ярко выраженный бурый наблюдается, начиная с 20 минут воздействия разряда на раствор. С увеличением времени обработки раствора значительного изменения рН не наблюдалось.



Рис. 2. Растворы перманганата калия через 1, 5, 10, 20, 30 минут обработки в реакторе ДБР. Ток разряда 0,25 мА, концентрация 5 мг/л

Эффект воздействия ДБР на раствор перманганата калия заметен и спектрофотометрически (рис. 3).

На кинетических зависимостях изменения концентраций во времени выделяются два участка. Для высокого содержания перманганат ионов ($C_0 = 20, 50, 80$ мг/л) начальный участок аппроксимируется кинетикой псевдо-первого порядка. При достижении в среднем 20...25 минут выделяется переход механизма восстановления перманганата калия на реакцию нулевого порядка. При этом характер изменения для данного диапазона концентраций практически идентичен (рис. 4). Для минимального содержания целевого загрязнителя ($C_0 = 5$ мг/л) фиксируется кинетика первого порядка восстановления перманганат ионов во всём диапазоне времён обработки с характерным временем процесса в 19 минут.

Эффективность восстановления перманганат ионов, при времени обработки 30 минут, для максимальных концентраций не превышает в среднем 25 ± 4 %.

При концентрации раствора 20 мг/л, кинетическая зависимость более выражено меняется при достижении первой минуты обработки. Степень восстановления при этом составляет 8 ± 4 %. В дальнейшем кинетический характер вновь меняется на нулевой порядок с постоянной скоростью степени разрушения анионов в $1,25 \cdot 10^{-2} \% / c (\alpha = 29 \%)$.

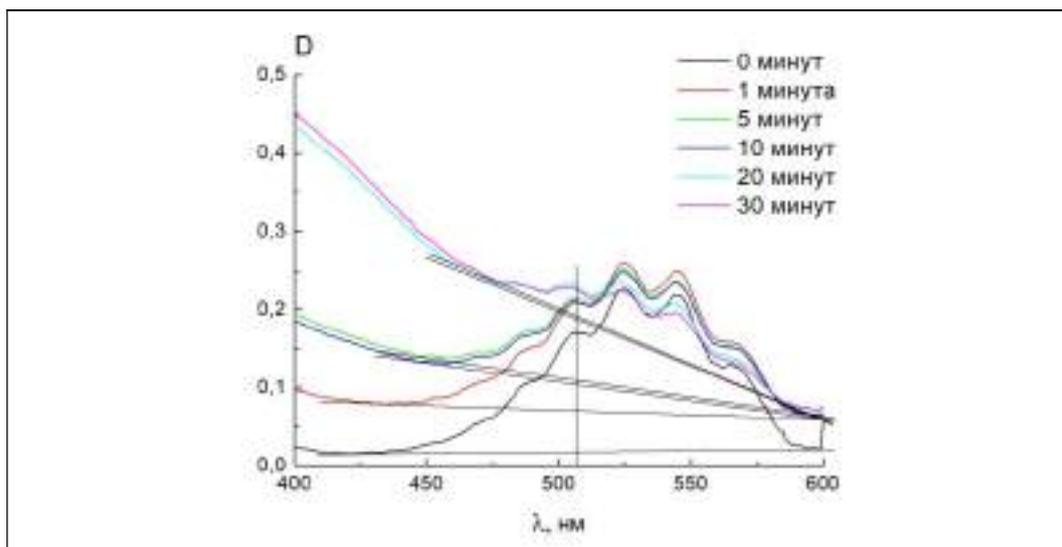


Рис. 3. Оптическая плотность водных растворов KMnO_4 , при разном времени обработки раствора разрядом. Концентрация 5 мг/л ($\lambda=507$ нм), ток разряда 0,25 мА

концентрации практически идентичен (рис. 4). Для минимальной концентрации загрязнителя ($C_0 = 5$ мг/л) фиксируется кинетика первоначально перманганат ионов во всем диапазоне времен обработки с характерным временем 19 минут.

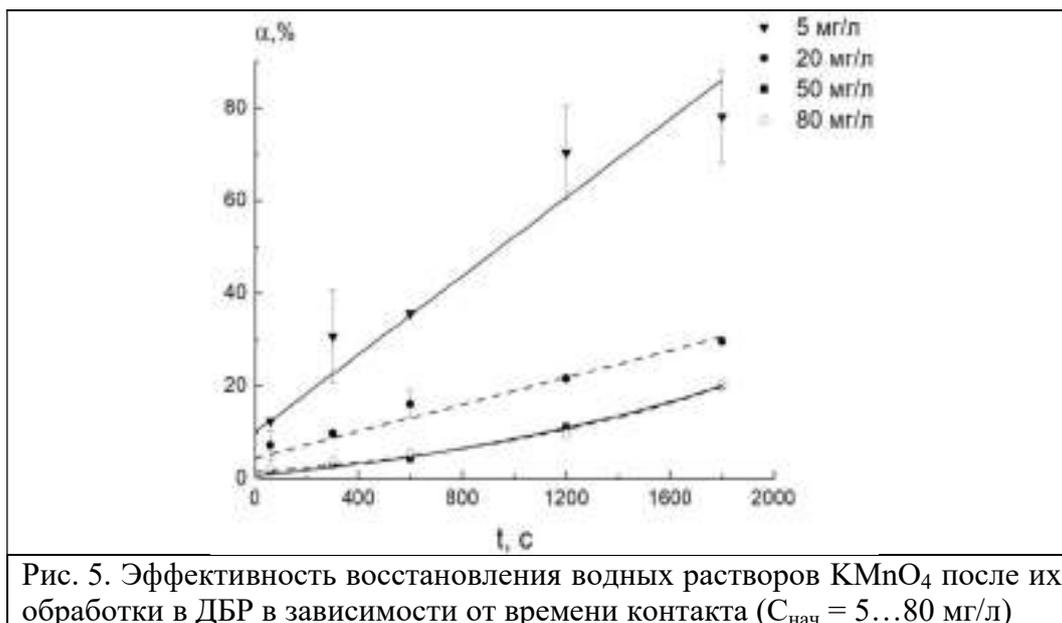


Рис. 4. Кинетика восстановления водных растворов KMnO_4 при воздействии ДБР. Концентрация 5 (1), 20 (2), 50 и 80 (3) мг/л, ток разряда 0,25 мА. (б) увеличенный масштаб по оси ординат (относительной концентрации)

Для минимальной начальной концентрации перманганата калия в водном растворе (5 мг/л), эффективность восстановления в целом достигается $78 \pm 4\%$ (рис. 5).

Из представленных зависимостей следует, что конверсия ионов тяжелых металлов, в частности марганца в составе перманганата калия, в сточных водах, содержащих низкие концентрации данных загрязнителей, в реакторе ДБР планарного типа, может быть весьма эффективным и перспективным методом. При том, что степень восстановления диоксида марганца зависит от начального содержания KMnO_4 в воде. В свою очередь характерное время восстановления составляет 20 ± 3 минут для всего диапазона исследуемых концентраций.

Полученные в данной работе результаты показывают, что плазменная обработка является эффективным методом очистки воды от ионов марганца (VII), переводя их в менее токсичные формы. Результат очистки зависит от начальной концентрации растворов и параметров разряда.



Дальнейшим этапом работы по данной теме исследования будет изучение электрофизических свойств разряда ДБР планарного типа (основываясь на осциллограммах тока и напряжения на разряде) над водными растворами перманганата калия в среде воздуха и определение зависимостей степени восстановления от тока разряда и соответственно вкладываемой мощности.

Список литературы

1. Eray E., Boffa V., Jørgensen M. K., Magnacca G., Candelario V. M. Enhanced fabrication of silicon carbide membranes for wastewater treatment: From laboratory to industrial scale J. Membr. Sci., 606 (2020).
2. Sun M., Wang X., Winter L.R., Zhao Y., Ma W., Hedtke T., Kim J.-H., Elimelech M. Electrified membranes for water treatment applications ACS ES&T Eng., 1 (2021).
3. Kuhn M., Bakshi A., Sheridan E., Rodrigues F., Vincent A., Moeller M., Neufert R. Silicon carbide membranes for water filtration applications in: Ceramics for Environmental Systems John Wiley Sons, New Jersey (2016).
4. Bobkova E.S. Modeling chemical composition for an atmospheric pressure DC discharge in air with watercathode / E. S. Bobkova, S. A. Smirnov, Y. V. Zalipaeva, V. V. Rybkin // Plasma Chem. Plasma Process. 2014. V. 34. № 4. P. 721–743.
5. Jamrz P., Greda K., Pohl P., Zyrnicki W. Atmospheric pressure glow discharges generated in contact with flowing liquid cathode: production of active species and application in wastewater purification processes // Plasma Chem. PlasmaProcess. 2014. V. 34. № 1. P. 25–37.
6. Бобкова Е. С., Кобелева Н. А., Сунгурова А. В., Рыбкин В. В. Очистка воды от ионов Cr^{6+} и Mn^{7+} с использованием разряда постоянного тока атмосферного давления в воздухе // ВОДА: ХИМИЯ и ЭКОЛОГИЯ № 12 декабрь 2015. с. 77–82.

Investigation of the effect of a dielectric barrier discharge on a solution of potassium permanganate

Ivanova P. A., Ignatev A. A., Grinevich V. I., Ivanov A. N.

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology
153000, Russia, Ivanovo, Sheremetievskiy Avenue 7*

It has been established that the use of atmospheric pressure gas discharges is an effective way to neutralize heavy metal ions, such as manganese, in the control of industrial effluents. The method of purification from heavy metal ions includes the effect on the model wastewater of active plasma particles in an oxygen medium obtained when a discharge is excited above the surface of the solution. Nonequilibrium low-temperature plasma provides wastewater treatment from heavy metal ions without using additional reagents. Studies have been carried out to assess the effectiveness of the reduction of permanganate ions, the kinetic dependences of the process have been determined.

Keywords: metal-containing wastewater, plasma, water treatment, oxygen.

ФИЗИКА. МЕХАНИКА. ХИМИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_25

УДК 628.316.6.094.3

ГРНТИ 61.01.94

ВАК 05.26.06

Разложение водных растворов парацетамола с использованием низкотемпературной неравновесной плазмы в среде кислорода

*Игнатъев А. А., Иванова П. А., Квиткова Е. Ю.

*Ивановский государственный химико-технологический университет
153000, Россия, г. Иваново, просп. Шереметевский 7*email: *ignadr@yandex.ru, poliv3@mail.ru, bur_1981@mail.ru

Это исследование посвящено разложению парацетамола в воде с использованием низкотемпературной неравновесной плазмы, инициируемой диэлектрическим барьерным разрядом (ДБР). Эффективность процесса обработки модельного раствора сильно зависит от электрических параметров разряда и практически не зависит от содержания препарата в воде. Степень конверсии выше 99 % была достигнута при токе разряда 0,9 мА. Определение продуктов деструкции парацетамола при воздействии реактора ДБР показало, что основными азотсодержащими соединениями, образующимися в воде во время процесса окисления, являются ионы аммония.

Ключевые слова: парацетамол, плазма, водоочистка, кислород.

Теория и методы исследования

В настоящее время проблема подготовки воды с доведением ее до необходимых норм является одной из наиболее актуальных. Сточные воды предприятий, больниц, а также различных отраслей содержат множество загрязнителей [1]. При этом развитие промышленного производства, которое способствует ухудшению качества воды из-за сброса неочищенных сточных вод с высоким содержанием органических веществ (в том числе лекарственных), ставит под угрозу естественное равновесие в окружающей среде (ОС). При этом эффективность, применяемых методов очистки на разных этапах различается. Биологическая очистка, например, не может удалить биологически стойкие, ингибирующие и токсичные загрязнители. Другие методы, такие как озонирование, десорбция, обратный осмос, коагуляция/флотация, ультрафильтрация и хлорирование могут образовываться токсичные побочные продукты дезинфекции (ППД), которые генотоксичны, мутагенны и канцерогенны для здоровья человека [2]. Лекарственные средства, такие как парацетамол, часто присутствуют в грунтовых водах, что вызывает в долгосрочной перспективе опасность для ОС и здоровью человека [3]. В связи с этим основной является задача очистки сточных вод от фармацевтических препаратов наиболее действенными методами.

Усовершенствованные процессы окисления (АОР), в результате которых образуется множество активных частиц плазмы, таких как О, О₃, ОН и Н₂О₂, испытываются для деградации лекарственных средств и их метаболитов в воде [4,5].

Основной целью научно-исследовательской работы являлось изучение кинетики разрушения парацетамола (ПЦ) в его водных растворах, под действием диэлектрического барьерного

разряда (ДБР) в среде кислорода, а также определение содержания соединений азота, как продуктов его трансформации.

В качестве объекта исследования использовались водные растворы парацетамола с различными начальными концентрациями, равными: 6,29 мг/л; 15,72 мг/л; 31,45 мг/л. Эксперимент проводился на установке, основным элементом которой служил плазмохимический реактор, представленный на рисунке 1.

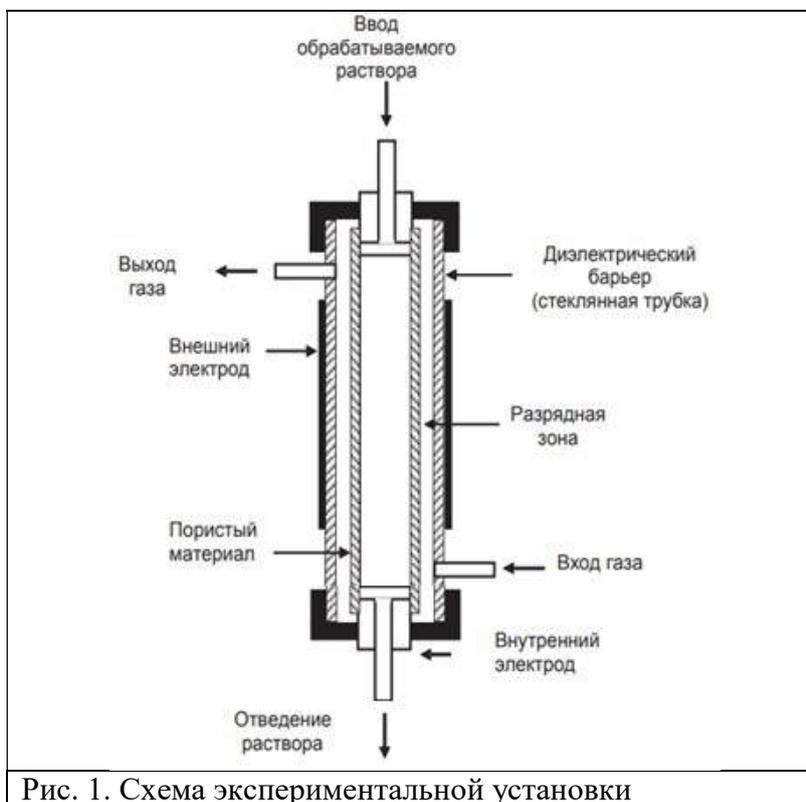


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Реактор представлял собой коаксиальную систему, состоящую из внешней пирексовой трубки, диаметром 12 мм, являющейся диэлектрическим барьером разряда, внутреннего электрода из алюминиевого сплава диаметром 8 мм. Внешним электродом являлась алюминиевая фольга, равномерно нанесенная на наружную поверхность стеклянной трубки. Размер разрядной зоны составлял 12 см. На внутренний электрод была нанесена гидрофильная стеклоткань, толщиной 1 мм, с помощью которой обеспечивался пленочный режим течения модельного раствора в системе. Объёмный расход водных растворов, содержащих органические соединения, изменялся в интервале 0,02...0,4 мл/с (время контакта раствора с зоной разряда от 1,5 до 10 с). Плазмообразующим газом являлся кислород с объёмной долей 99,7 %, который подавался в систему навстречу потоку жидкости с объёмным расходом 3 см³/с.

Разряд возбуждался с помощью высоковольтного трансформатора от источника, работающего на стандартной частоте 50 Гц (ГОСТ 32144-2013). Ток разряда измерялся переменным миллиамперметром.

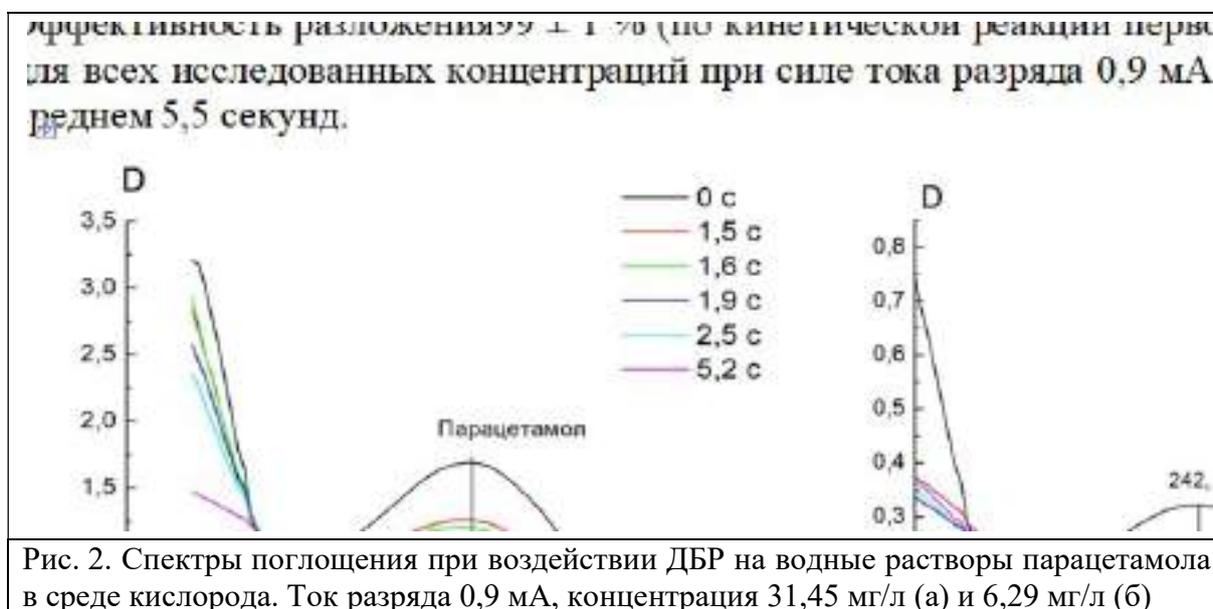
Определение концентрации парацетамола в воде осуществлялось спектрофотометрическим методом на длине волны 242 нм, в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 1 см (спектрофотометр «UNICO, мод. 2804»).

Содержание продуктов (соединений азота) деструкции парацетамола в жидкой фазе контролировалось на выходе из разрядного устройства. Метод определения массовой концентрации ионов аммония основан на их способности, образовывать окрашенное в жёлто-коричневый цвет соединение с реактивом Несслера. Интенсивность окраски раствора

измерялась спектрофотометрически («UNICO, мод. 2804») при $\lambda=400$ нм, длина кюветы 5 см [6]. Массовую концентрацию аммиака и ионов аммония находили по калибровочной зависимости. Концентрацию нитритов, как возможных промежуточных продуктов деструкции парацетамола, измеряли при помощи метода, который основан на их способности диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения с 1-Нафтиламином с использованием спектрофотометра ПЭ-5400УФ на длине волны 520 нм (длина кюветы 5 см). Для измерения нитратов в водном растворе парацетамола до и после обработке в ДБР использовался метод, который основан на их реакции с салициловой кислотой в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в жёлтый цвет. Чувствительность метода составляет $0,1 \text{ мг/дм}^3$ нитратного азота. Сравнение интенсивности окраски пробы производилось фотометрическим методом на спектрофотометре «UNICO, мод. 2804» в кюветках 5 см, используя в качестве раствора сравнения нулевую пробу [6].

Полученные результаты и их обсуждение

При обработке водных растворов парацетамола, было установлено, что с увеличением времени контакта раствора с зоной разряда наблюдается гипохромный эффект — интенсивность поглощения обработанных растворов парацетамола снижалась (рис. 2). Спектрофотометрическим методом изучена кинетика процессов деструкции парацетамола в ДБР в кислороде в диапазоне токов разряда $0,7...2$ мА, концентраций парацетамола $0,04...0,208$ ммоль/л. С ростом тока разряда при фиксированной начальной концентрации увеличивается, как эффективность деструкции, так и начальные скорости этого процесса. Эффективность разложения 99 ± 1 % (по кинетической реакции первого порядка) достигается для всех исследованных концентраций при силе тока разряда $0,9$ мА и времени обработки в среднем $5,5$ секунд.



Из представленных спектров видно, что на длине волны 210 ± 3 нм происходит завывшение полос поглощения, что может указывать на образование в процессе деструкции парацетамола в среде кислорода продуктов его окисления (NO_2^- и NO_3^-).

При этом установлено, что доля выхода нитритов при разрушении парацетамола в реакторе диэлектрического барьерного разряда не превышает $0,4$ % для всех исходных концентраций (в пересчёте на азот). Содержание нитритов в пробе незначительно накапливается при

времени обработки до двух секунд для концентрации 15,72 мг/л, где достигает своего максимума, а далее снижается. В свою очередь для концентрации 31,45 мг/л при тех же временах контакта раствора с зоной разряда наблюдается выход на стационарное значение концентраций и дальнейший её спад при достижении двух секунд. Стоит отметить, что при обработке минимальной исходной концентрации парацетамола при любых временах контакта раствора с зоной разряда, нитрит-ионы обнаружены не были. Это говорит о том, что нитриты не являются основными продуктами деструкции водных растворов парацетамола при воздействии неравновесной плазмы в среде кислорода.

В свою очередь исследования показали, что в результате обработки водных растворов образуются нитраты (рис. 3). Кинетика образования нитрат-ионов говорит о том, что данные соединения являются промежуточными продуктами разложения исходного соединения. Максимум выхода нитрат-ионов, как продуктов деструкции (в пересчёте на азот) достигается за 2,5 секунд и составляет $55 \pm 3 \%$ (для $C_0 = 31,45$ мг/л), $54 \pm 3 \%$ (для $C_0 = 15,72$ мг/л) и $53 \pm 3 \%$ (для $C_0 = 6,29$ мг/л). После прохождения первого временного отрезка (около трёх секунд) содержание нитрат-ионов в растворе значительно снижается.

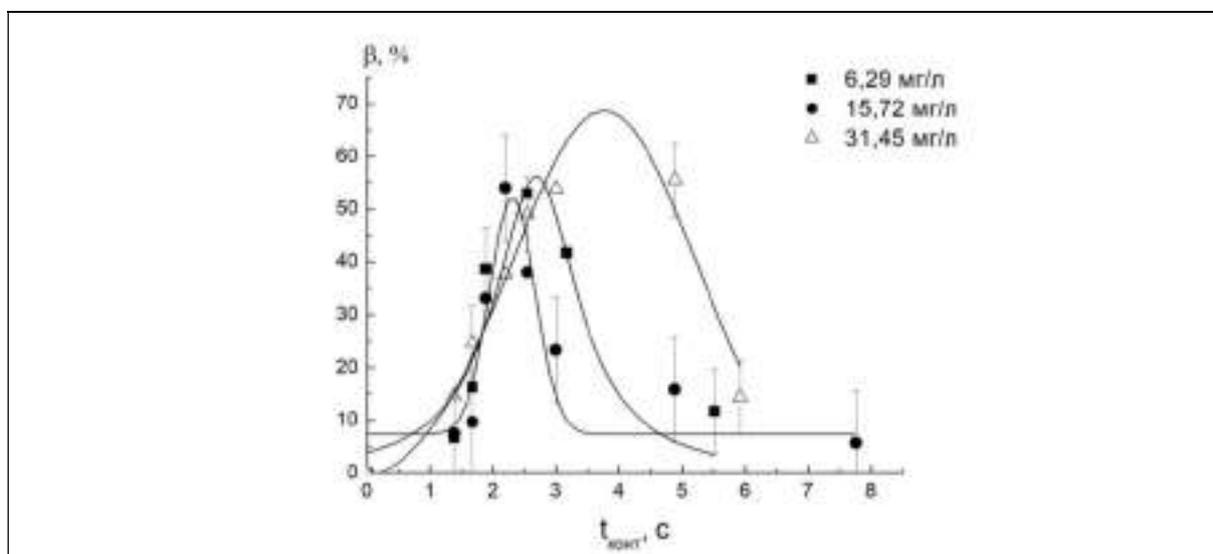


Рис. 3. Доля выхода нитрат-ионов в зависимости от времени обработки раствора парацетамола в реакторе ДБР. Ток разряда 0,9 мА, концентрации 6,29 - 31,45 мг/л

Рис. 3. Доля выхода нитрат-ионов в зависимости от времени о парацетамола в реакторе ДБР. Ток разряда 0,9 мА, концентрации 6,

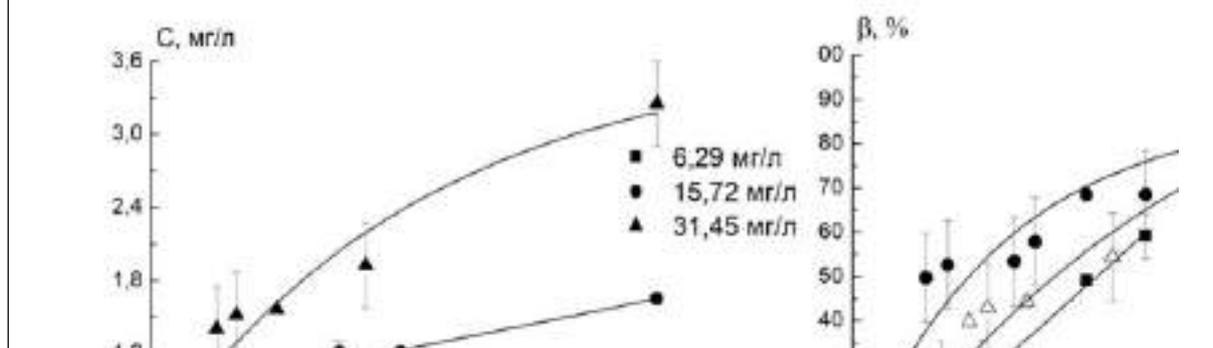


Рис. 4. Кинетика образования ионов аммония (а) и степень их формирования(б) при воздействии разряда на водные раствора парацетамола в среде кислорода. Ток разряда 0,9 мА, концентрации 6,29 - 31,45 мг/л

Ход кинетических кривых образования в растворе ионов аммония после обработки модельных растворов имеет другой вид – с увеличением времени обработки их концентрация возрастает для всех исследуемых концентраций (рис. 4, а). При времени контакта раствора с зоной разряда в 5,5 секунд, доля выхода ионов аммония (в пересчёте на азот) достигает $60 \pm 1\%$ (для $C_0 = 6,29$ мг/л), $68 \pm 1\%$ (для $C_0 = 15,72$ мг/л) и $62 \pm 1\%$ (для $C_0 = 31,45$ мг/л). При увеличении времени обработки раствора до 10 секунд максимум выхода ионов аммония для концентраций 15,72 мг/л и 31,45 мг/л составляет $93 \pm 3\%$. Кажущаяся степень выхода ионов аммония для минимальной концентрации 6,29 мг/л лежит в том же процентном диапазоне (рис. 4, б).

Таким образом, в ходе экспериментов установлено, что образование азотсодержащих продуктов разложения парацетамола происходит вследствие взаимодействия иминогруппы (NH) с активными частицами плазмы (сильными окислителями). При достижении времени полного разрушения парацетамола (5,5 с) баланс по азоту, в целом выполняется на $80 \pm 5\%$ (основной азотсодержащий продукт разрушения парацетамола — NH_4^+). Неувязка баланса по азоту, вероятно, определяется, как дополнительным процессом образования свободного азота, так и выходом оксида азота (NO). При этом результат очистки не зависит от начальной концентрации растворов, а зависит лишь от параметров разряда и времени обработки.

Дальнейшими этапами исследования являются: изучение влияния концентрации до и после обработки в ДБР на живые микроорганизмы, сравнение показателей токсичности с другими органическими соединениями. А также оценка формирования озона в процессе деструкции парацетамола, который за счет диффузионных процессов поступает в жидкую фазу и изучение механизмов, ведущих к образованию основных и побочных продуктов разрушения.

Список литературы

1. Grinevich V. I., Kvitkova E. Y., Plastinina N. A., Rybkin V. V. Application of dielectric barrier discharge for waste water purification. *Plasma Chem. Plasma Process*, 2011, vol. 31, no. 4, pp. 573-583.
2. Mouele M. E. S, Jimoh O, Fatoba O. O, Petrik L. F. Degradation of organic pollutants and microorganisms from wastewater using different dielectric barrier discharge configurations - A critical review. *Environ Science Pollut R*. 2015; 22(23): 18345–18362.
3. Kolpin D. W., Skopec M., Meyer M. T., Furlong E. T., Zaugg S. D. Urban contribution of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants to streams during differing flow conditions//*Science of the Total Environment*. – 2004. – Т. 328. – № 1-3. – P. 119–130.
4. Locke B. R., Sato M., Sunka P., Hoffmann M. R., Chang J. S. Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment//*Industrial & engineering chemistry research*. – 2006. – Т. 45. – № 3. – P. 882–905.
5. Baloul Y., Aubry O., Rabat H., Colas C., Maunit B., Hong D. Paracetamol degradation in aqueous solution by non-thermal plasma // *The European Physical Journal Applied Physics*. – 2017. – Т. 79. – № 3. – P. 30802.
6. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова // – М.: Химия, 1974. – 336 с.

Destruction of aqueous solutions of paracetamol using low-temperature non-equilibrium plasma in an oxygen environment

*Ignatev A. A., Ivanova P. A., Kvitkova E. Yu.

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology
153000, Russia, Ivanovo, Sheremetievskiy Avenue 7*

This study is devoted to the decomposition of paracetamol in water using a low-temperature non-equilibrium plasma initiated by a dielectric barrier discharge (DBD). The efficiency of the processing of the model solution strongly depends on the electrical parameters of the discharge and practically does not depend on the content of the drug in water. A conversion rate above 99% was achieved at a discharge current of 0.9 mA. Determination of the degradation products of paracetamol under the influence of the DBD reactor showed that the main nitrogen-containing compounds formed in water during the oxidation process are ammonium ions.

Keywords: paracetamol, plasma, water treatment, oxygen.

ФИЗИКА. МЕХАНИКА. ХИМИЯ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_31

УДК 62-5, 65.011.56

ГРНТИ 29.19.13,50.03.03

ВАК 05.02.05

Динамическое моделирование и управление адаптивной тягой для мобильных роботов

Говорков Ю. А.

*Донской Государственный Технический Университет
344003, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1*email: * govorkov.yurij@yandex.ru

Мобильные роботы находят применение во многих сферах. Так, в области промышленности их основные задачи заключаются в перемещении предметов с места на место, в сборке деталей машин и т. д. Кроме того, робототехника применима в медицинских, общественных и бытовых целях. В последние годы исследования по мобильным роботам привлекли много внимания, поскольку они всё чаще используются в широком спектре областей применения. В начале большинство исследований были направлены на использование кинематических моделей мобильных роботов для осуществления контроля движения. Позднее исследование приняло другой подход и сосредоточилось на роботах с дополнительной сенсорной системой для разработки автономных систем планирования траектории. Это направление привело к появлению сложных сенсорных систем, которые могут изучать операционную среду и, следовательно, оценивать препятствия на пути к достижению самой цели планирования пути. Однако некоторые исследования также затрагивали вопросы, связанные с динамическими характеристиками движения, которые необходимы для отслеживания пути. Изучалась проблема вычисления подходящих траекторий в условиях изменения рельефа местности и в условиях дорожных ограничений. Проблемы дорожных манипуляций и тяги становятся очень важными, когда робот подвергается динамическим вариациям. Эти изменения включают в себя изменения инерции робота и центра тяжести, вызванные переменной нагрузкой. Изменения в рельефе местности, текстуре или свойствах колёс, вызванные износом, загрязнением или деформацией, играют важную роль в движении робота.

Ключевые слова: мобильный робот, контроль движения, планирование пути.

Теория и методы исследования

Рассматриваемый робот моделируется как трёхмерное твёрдое тело, состоящее из ряда мелких частиц, соединённых между собой. Частицы имеют кубическую форму с равномерной плотностью.

С помощью общей модели можно рассчитать массу, инерцию и центр тяжести каждой частицы. Затем можно получить общую массу, инерцию и центр тяжести всего тела робота. Оси системы отсчёта всего корпуса обозначаются как X_0 , Y_0 , Z_0 , в то время, как X_n , Y_n , Z_n оси системы отсчёта для частиц n (рис. 1). Исходные координаты каждой частицы n

обозначаются как X_{n0} , Y_{n0} , Z_{n0} , а X_{nmax} , Y_{nmax} , Z_{nmax} – как максимальные размеры частицы по отношению к исходной системе частиц.

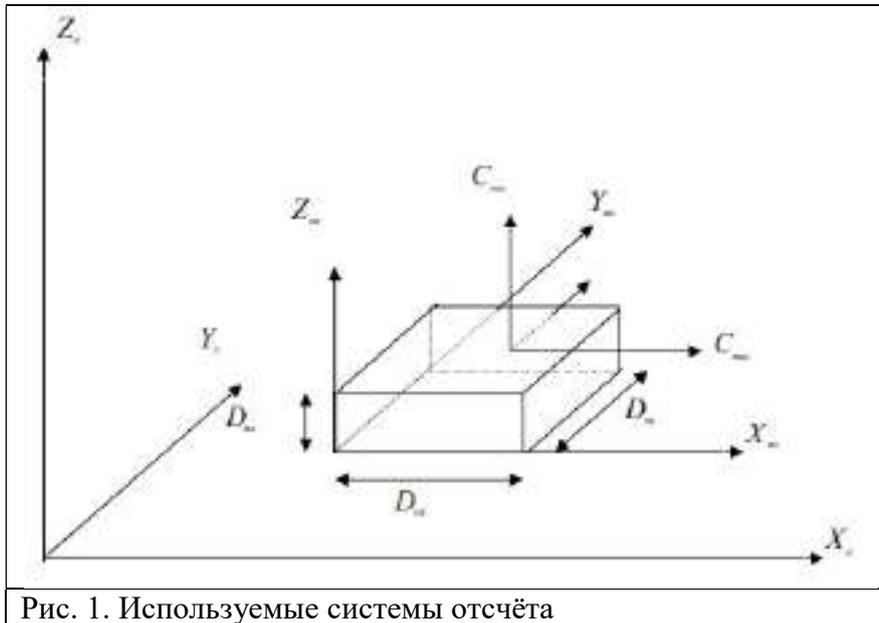


Рис. 1. Используемые системы отсчёта

На рисунке 2 показана модель робота, построенная в среде Matlab.

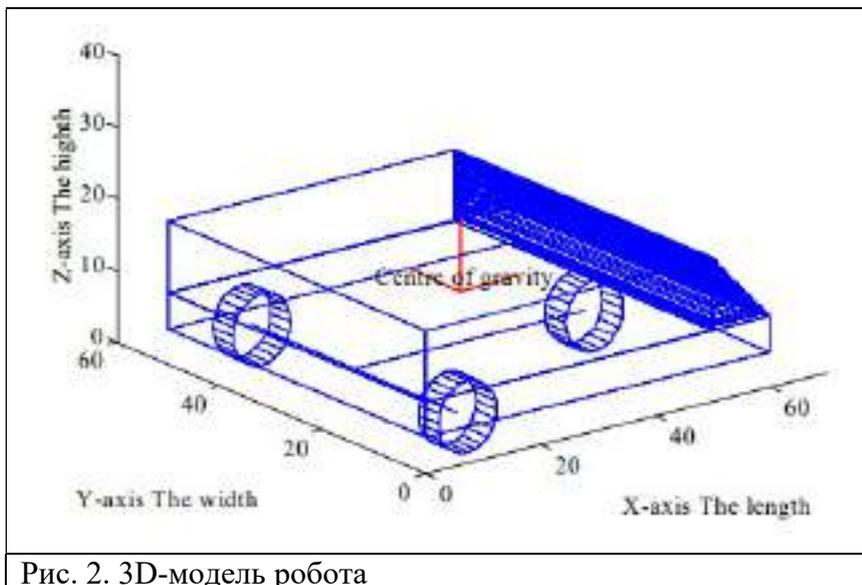


Рис. 2. 3D-модель робота

Большинство кинематических моделей мобильных роботов предполагают, что не происходит проскальзывания шин, поэтому входы в систему являются правыми и левыми угловыми скоростями ω_r и ω_l соответственно. Тогда движение робота можно описать простой кинематикой жестких тел. Для определения движения робота очень важно определить положение и ориентацию робота как местоположение и ориентацию центра тяжести, по отношению к фиксированной мировой системе отсчета. При условии отсутствия проскальзывания шины линейные скорости правого и левого колес могут быть выражены как:

$$v_r = R_r \omega_r \hat{i}$$

$$v_l = R_l \omega_l \hat{i}$$

Уравнения движения твердого тела относительно каждого колеса:

$$V_R = V_g + r\hat{k} \left(-L_r\hat{i} - \frac{T_r}{2}\hat{j} \right) = u\hat{i} + v\hat{j} + r\frac{T_r}{2}\hat{i} - rL_r\hat{j}$$

$$V_L = V_g + r\hat{k} \left(-L_r\hat{i} + \frac{T_r}{2}\hat{j} \right) = u\hat{i} + v\hat{j} - r\frac{T_r}{2}\hat{i} - rL_r\hat{j}$$

где V_g – вектор скорости центра тяжести, L_r – расстояние от заднего моста до центра гравитации, T_r – расстояние между двумя ведущими колёсами (рис. 3).



Рис. 3. Геометрические параметры уравнений движения

Используя вышеприведённые уравнения, получим полную кинематическую модель робота:

$$u = (\omega_r + \omega_l) \frac{R_r}{2}$$

$$r = (\omega_l - \omega_r) \frac{R_r}{T_r}$$

$$v = (\omega_l - \omega_r) \frac{L_R R_r}{T_r}$$

Теперь можно получить направление, скорости и положение робота в мировой системе координат:

$$\vartheta_0 = \int r dt$$

$$V_x = u \cos \vartheta_0 - v \sin \vartheta_0$$

$$V_y = u \sin \vartheta_0 + v \cos \vartheta_0$$

$$X_0 = \int V_x dt$$

$$Y_0 = \int V_y dt$$

где V_x и V_y компоненты скорости транспортного средства, X_0 , Y_0 и ϑ_0 указывают на положение робота в системе координат и его направление.

Рассмотрим динамическую модель робота. Поскольку робот представляет собой трёхступенчатую степень свободы, допускающая движение только в продольном и боковом направлениях вместе с угловым смещением, уравнение силы и движения может быть выражено как:

$$\sum F_x = m(\dot{u} - vr)$$

$$\sum F_y = m(\dot{v} - ur)$$

$$\sum M_z = I_z \dot{r}$$

Силы, воздействующие на робота, являются силами, воздействующими на правые и левые ведущие колеса. Эти силы пропорциональны приложенному крутящему моменту минус количество крутящего момента, необходимое для ускорения колес. Приложенный крутящий момент состоит из линейного крутящего момента для ускорения робота и углового момента для ускорения колес.

$$T_{app} = T_{lin} + T_{ang},$$

где T_{app} , T_{lin} , T_{ang} – полный, линейный и угловой моменты соответственно. Линейный крутящий момент преобразуется в продольную силу.

$$F_x = \frac{T_{lin}}{R_t}$$

$$T_{ang} = I_z \dot{\omega} = I_z \frac{\dot{u}}{R_t}$$

$$F_x = \frac{T_{app} - T_{ang}}{R_t} = \frac{R_t T_{app} - I_z \dot{u}}{R_t^2}$$

$$F_{x_r} = \frac{R_t T_{app_r} - I_z \dot{u}_r}{R_t^2}$$

$$F_{x_l} = \frac{R_t T_{app_l} - I_z \dot{u}_l}{R_t^2}$$

Динамическими уравнениями, описывающими движение робота с точки зрения ускорения, являются:

$$\dot{V}_x = \frac{F_{x_r} + F_{x_l}}{m} + V_y \omega$$

$$\dot{V}_y = \frac{F_{y_r} + F_{y_l}}{m} - V_x \omega$$

$$\dot{r} = \frac{L_r F_{x_r} - L_l F_{x_l} - L_R (F_{y_r} + F_{y_l})}{I_z}$$

Планирование пути

Планирование пути имеет дело с перемещением робота в ранее известных окружающих средах. Он играет важную роль в создании эффективного сложного мобильного робота. Проектирование пути, а также формирование траектории робота требуются до начала его перемещения. Робот перемещается от стартовой позиции к целевой точке рабочего пространства (рис. 4). На роботе устанавливается датчик движения, предназначенный для прохождения заданной траектории. Существует множество методов генерации траекторий для преодоления поверхности с точки зрения её гладкости, кривизны, а также непрерывности. Некоторые из этих методов являются сложными и трудоемкими. В данной статье будет рассмотрен эффективный метод генерации пути и траектории, заключающийся в генерации прямых линий, соединенных круглыми дуговыми сегментами с заданным радиусом и углом поворота. Круглые сегменты нужны для того, чтобы избежать остановки робота и обеспечить непрерывность его движения. Этот метод основан на следующих параметрах:

- 1) Координаты начала определённого отрезка и его конца,
- 2) Начало каждого сегмента круговой дуги, его радиус и угол поворота, соответствующий изменению ориентации.

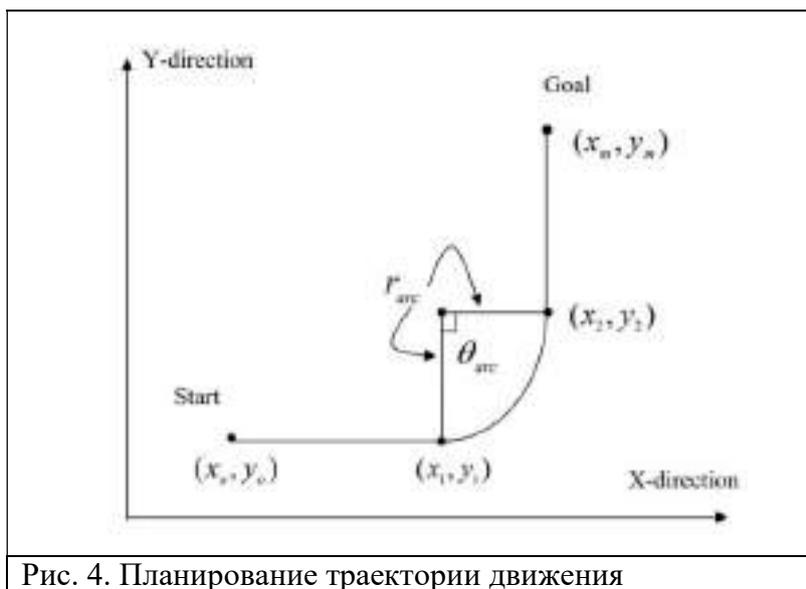


Рис. 4. Планирование траектории движения

Для каждой секции установлена начальная скорость, равная скорости предыдущего выхода из секции. Описываемая скорость обеспечивает непрерывность движения, которая может быть предотвращена, если заранее известно, что робот будет работать на скользком участке или если он будет выполнять разворот. Если начальная скорость робота слишком велика для его последующего замедления при выходе из секции, необходимо установить более низкую скорость. Второй шаг заключается в том, чтобы проверить, является ли длина секции достаточно большой, чтобы позволить роботу достичь максимальной скорости. Если данное условие не выполняется, то результирующая скорость постоянного ускорения является конечной скоростью участка. Первый и второй этапы вместе позволяют пренебречь превышением скорости движения над той, которой могут обладать приводы робота с фиксированным ускорением. На третьем шаге конечная скорость текущей секции установлена равной скорости запуска следующего раздела для поддержания плавности и непрерывности движения, а также замедления в каждой секции, чтобы завершить раздел и достичь скорости начала следующей секции.

Контроль движения

Задача контроллера заключается в достижении различных целей и желаемых функций робота, выраженных в его движении (рис. 5, 6). Кроме того, он предназначен для правильного выполнения запланированных последовательностей движений при обнаружении какой-либо ошибки. В данной работе будут рассмотрены стратегии управления перемещением робота, основанные на управлении тяговыми силами, вызывающими движение, а также отслеживание желаемого пути без проскальзывания или отклонения от заданного маршрута.

Управление движением тяги имеет некоторые желаемые функции, такие как:

- 1) поддержание максимально быстрого ускорения и замедления,
- 2) поддержание требуемой траектории,
- 3) поддержание устойчивости робота во время манёвров;
- 4) предотвращение скольжения робота.

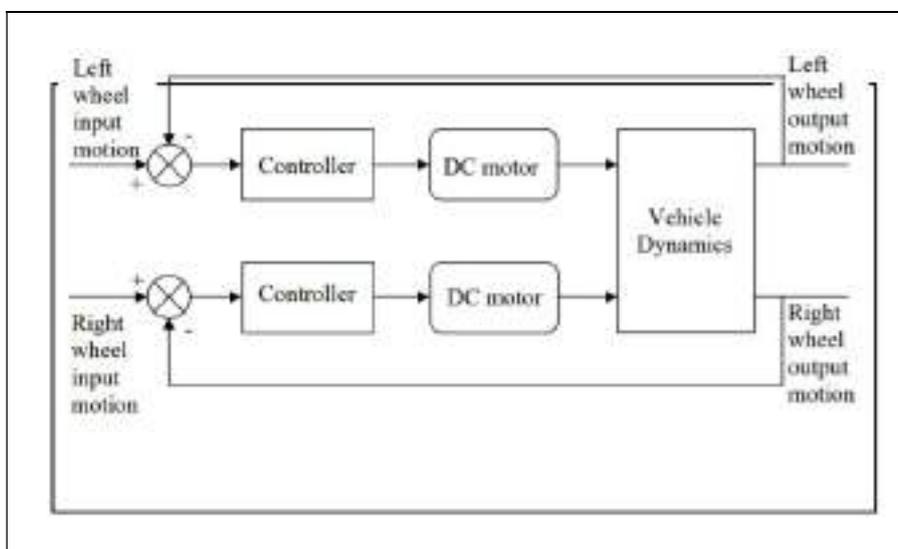


Рис. 5. Блок-схема модели робота

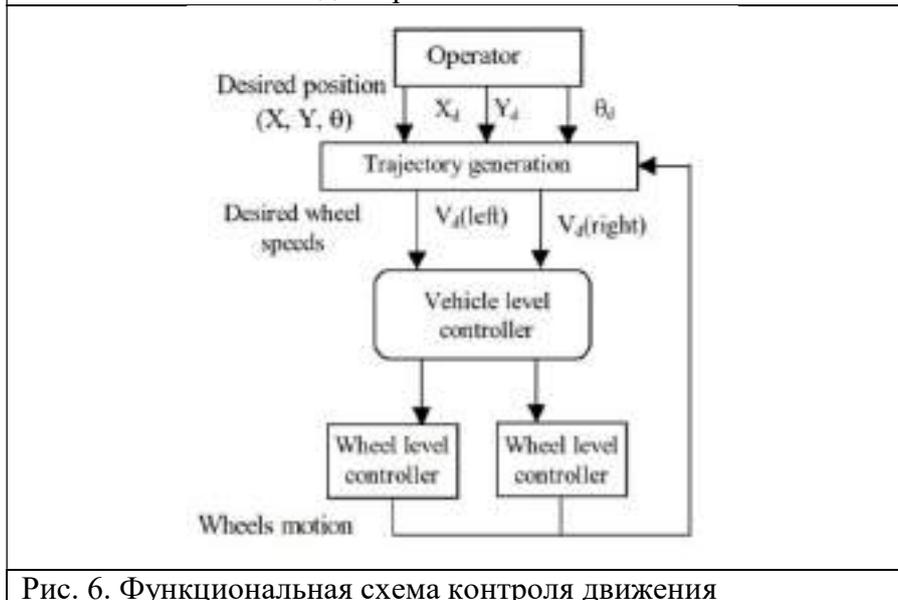


Рис. 6. Функциональная схема контроля движения

Задачи контроллера имеют две составляющие. Первая составляющая – стратегия управления низким уровнем, который имеет дело с динамическими изменениями в роботе. Вторая –

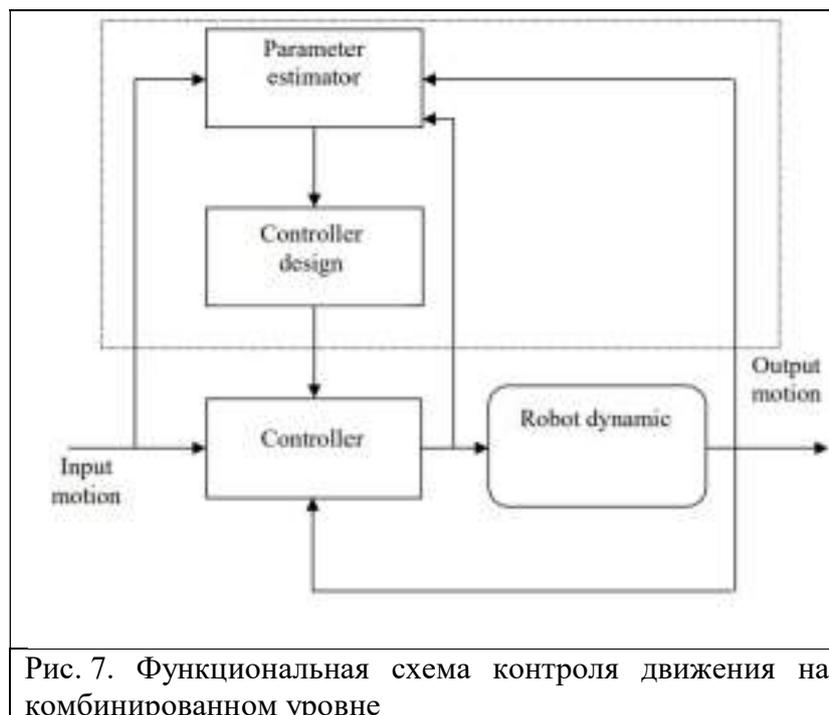
стратегия управления, которая связана с изменениями в среде, в которой находится робот (так называемый «Высокий уровень»).

Стратегия управления низким уровнем

Здесь рассматривается адаптивный алгоритм управления движением, основанный на самостоятельном адаптивном контроллере размещения полюсов. Контроллер был разработан с PID структуры для оценки изменений в динамических параметрах системы. Самонастраивающаяся адаптивная структура управления обеспечивает хорошую основу для оценки параметров модели. Это может быть достигнуто с помощью оценки механизма. Теперь контроллер способен справиться с динамическими изменениями и принять надлежащие меры для регулировки движения, если это понадобится. Однако он не может оценивать состояние поверхности и справляться с ним.

Стратегия управления комбинированным уровнем

В данной стратегии комбинированная база представлена как способ управления движением на «низком» и «высоком» уровнях управления. Объединённый контроллер принимает во внимание динамику робота и структуру окружающей его среды (рис. 7). Двумя основными вопросами, которые следует учитывать, включая структуру окружающей среды, являются: наличие препятствий в окружении и состояние поверхности, такие как гладкость и сухость.



Полученные результаты и их обсуждение

Общая динамическая модель для представления транспортного средства в качестве трёхмерного жёсткого кузова была построена с использованием программного обеспечения Matlab. Модель рассчитывает массу, центр тяжести и инерцию всего тела. Эти значения используются в динамической модели робота. Эффект адаптивного уровня и комбинированного контроллеров были исследованы на модели робота с изменениями состояния проходимой им поверхности (т.е. различных коэффициентов трения

поверхности). Полученные результаты свидетельствуют о том, что контроллер низкого и высокого уровней адаптивности способен компенсировать изменения состояния пути и справляться с ними, а также обеспечивать лучшее отслеживание пути. Определение местоположения мобильного робота играет важную роль в поддержании быстрого, плавного отслеживания пути. Измерение положения робота в рабочем пространстве даёт контроллеру высокого уровня указание на то, испытывает ли робот проскальзывание. Все эти вопросы важны для управления движением. Комбинированная система управления исследована и испытана на дифференциальном приводе мобильного робота. Результаты моделирования показывают, что производительность мобильного робота с комбинированной системой усовершенствована, а также повышена точность отслеживания маршрутов.

Список литературы

1. Албагюль А. Dynamic Modelling and Control of a Wheeled Mobile Robot // University of Newcastle upon Tyne, 2001. С. 3–90.
2. Де Сантис Р. М. Modelling and Path-tracking Control of a mobile Wheeled Robot with a Differential Drive, Robotica, 1995, С. 13–25.
3. Хонго Т., Аракава Г., Сугимото Г., Танге К., Ямаото К. An Automatic Guidance System of a Self-Controlled Vehicle.
4. Нельсон В. Л. Local Path Control for an Autonomous Vehicles, 1991 С. 50–60.
5. Вилфонг Г. Т. Motion Planning for an Autonomous Vehicle, 1988 С. 3–10.

Dynamic Modelling and Adaptive Traction Control for Mobile robots

Govorkov Y. A.

Don State Technical University, 344003, Russia, Rostov-on-Don, Gagarina sq., 1

Mobile robots have many applications. For example, in the field of industry, their main tasks are to move objects from place to place, to assemble machine parts, etc. In addition, robotics are applicable for medical, social and domestic purposes. In recent years, research on mobile robots has attracted a lot of attention as they are increasingly used in a wide range of applications. In the beginning, most studies have focused on the use of kinematic models of mobile robots for motion control. The study later adopted a different approach and focused on robots with an additional sensor system to develop autonomous trajectory planning systems. This direction has led to the emergence of complex sensor systems that can study the operating environment and therefore assess the obstacles to achieving the very goal of path planning. However, some studies have also addressed issues related to the dynamic characteristics of the traffic required for tracking. The issues of calculating suitable trajectories under conditions of terrain change and road restrictions was studied. The problems of road manipulation and traction become very important when the robot is subjected to dynamic variations. These changes include changes in robot inertia and center of gravity caused by a variable load. Changes in terrain, texture or wheel properties due to wear, pollution or deformation play a significant role in robot movement.

Keywords: mobile robot, motion control, path planning.

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_39

Пути развития ветровой электроэнергетики в г. Грозном¹ Воробьёв А. Е., ² Агамагомедова Е. В.¹ *Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, 364051, Россия, Грозный, пр. им. Х. А. Исаева 100*² *НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75*email: editor-molod@nb-bstu.ru

В статье рассмотрены перспективные направления развития эффективных способов энергоснабжения на примере Чеченской республики. Проведён сравнительный анализ себестоимости производства электроэнергии из различных её источников. Анализ себестоимости производства электроэнергии показывает, что наиболее дешёвой является её производство на основе гидроэлектростанций. Обоснована практическая значимость, которая заключается в распределении себестоимости строительства наземных ветровых электростанций по их отдельным элементам. Собранные данные показывают значительную (свыше 10 % – стоимость материала и 22 % – стоимость возведения) долю, приходящуюся на их башню. Прогнозируется снижение себестоимости производства электроэнергии ветровыми электростанциями, что в перспективе повлечёт за собой снижение цен на ветровые турбины за счёт увеличения производственного потенциала, снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Ключевые слова: ветровая энергетика, ветровая электростанция, перспективное направление, развитие.

По состоянию на декабрь 2020 г., на территории Чеченской Республики эксплуатировались 2 электростанции общей мощностью 361,3 МВт (в том числе одна тепловая электростанция и одна малая ГЭС). В 2019 г. они произвели 705,5 млн. кВт·ч электроэнергии. При этом особенностью энергетики республики прежде всего является доминирование только одной электростанции – Грозненской ТЭС, обеспечивающей практически весь объём вырабатываемой электроэнергии.

В 2020 г. на территории Чеченской Республики эксплуатировались две электростанции (одна тепловая электростанция в г. Грозном и ещё одна – Кокадойская МГЭС, – на р. Аргун), общей мощностью 361,3 МВт. Кроме того, на р. Сунже на стадии завершения строительства находится Кировская МГЭС, проектной мощностью 0,5 МВт. В 2019 г. все они произвели 705,5 млн. кВт·ч электроэнергии. При этом особенностью энергетики республики прежде всего является доминирование только одной электростанции – Грозненской ТЭС (на основе двух газотурбинных установок, работающих на природном газе, мощностью по 176 МВт каждая), обеспечивающей покрытие свыше 50 % республиканской потребности электроэнергии.

Однако, ввод в эксплуатацию ещё одной новой МГЭС не изменит существующие тарифы на электроэнергию для потребителей. Так, тарифы на электроэнергию для жителей Чеченской республики в 2019 г. составляли 2,68 руб. за киловатт-час для городского населения и 1,88 руб. за киловатт-час – для населения сельских районов.

При этом потребление электроэнергии в Чеченской Республике в 2019 г. составило 3044,5 млн. кВт·ч. Таким образом, республика является энергодефицитным регионом по электроэнергии. Так как промышленные предприятия и население Чеченской республики испытывают необходимость в расширении поставок местной электроэнергии и существенного снижении её себестоимости, то в 2010 г. была разработана Программа развития энергетики республики на период с 2011 г. до 2030 г., включающая в себя четыре подпрограммы: «Традиционная электроэнергетика», «Гидроэнергетика», «Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» и «Использование геотермальных вод». Это обстоятельство было обусловлено ещё и тем, что во всем мире наблюдается значительный рост потребления электроэнергии. Так, в Чеченской республике прогнозируемая потребляемая мощность может составить 545 МВт, а объемы электроэнергии — 3250 млн. кВт·ч [11].

Развитие эффективных путей энергоснабжения Чеченской республики приводит к необходимости сравнения себестоимости производства электроэнергии из различных её источников (рис. 1) [1].

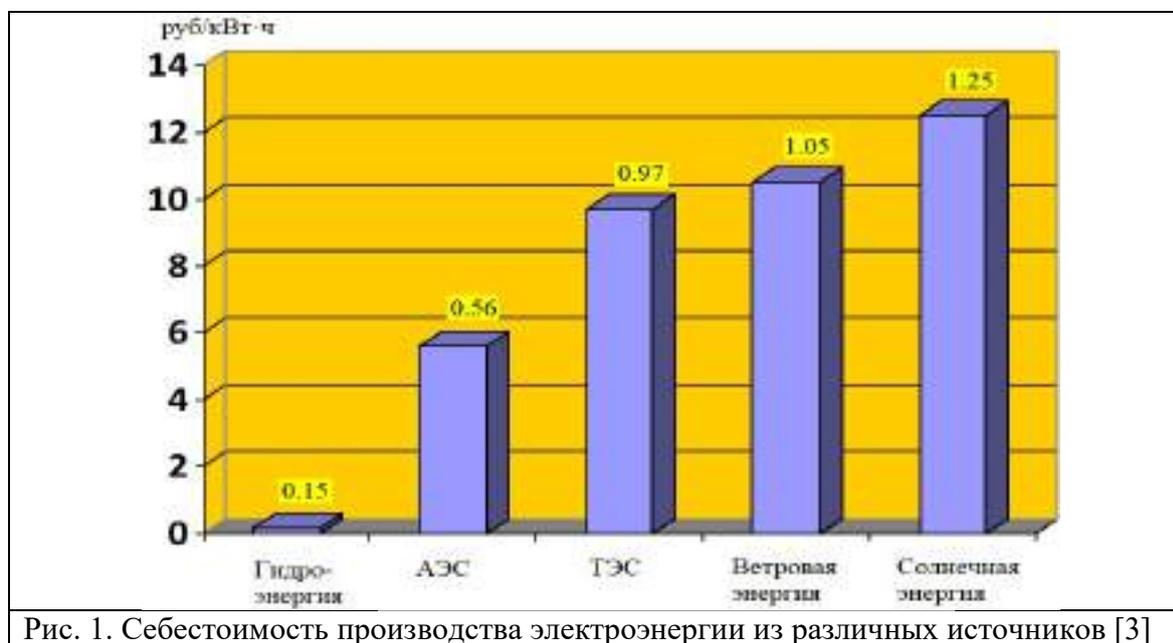


Рис. 1. Себестоимость производства электроэнергии из различных источников [3]

Анализ себестоимости производства электроэнергии показывает, что наиболее дешевой является её производство на основе гидростанций. Однако, при этом возникает изъятие значительных площадей земельных ресурсов, ограничение возможностей нереста рыб и появление техногенных землетрясений, мощность которых зависит от объёма водохранилищ [7]. В отношении электроэнергии, получаемой на АЭС, необходимо отметить, что в этом случае возникают пока ещё не решённые вопросы с эффективной утилизацией образуемых радиоактивных отходов, что сильно актуализируется при закрытии таких электростанций. При производстве электроэнергии на основе горючего газа возникают существенные по объёму (до 2 кг на кВт) выбросы CO_2 в атмосферу Земли [4]. Поэтому целесообразно развивать энергетику Чеченской республики, основанную на возобновляемых «зелёных» источниках энергии: солнечной, ветровой и т. д., себестоимость производства энергии на базе которых можно снизить практически сопоставимо с другими.

Кроме того, ветер относится к тем возобновляемым источникам энергии, которые способны производить электроэнергию с довольно низкими временными затратами на промышленное развёртывание электростанций, а также среди всех известных типов электроустановок ветровые электроустановки оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду [3].

В соответствии с существующей Программой развития энергетики Чеченской республики на 2011–2030 гг., планировалось построить на Терском хребте ветропарк, состоящий из 24 ветроэнергетических установок, мощностью 1,5 МВт каждая, с общей мощностью 36 МВт в совокупности [11]. При этом расчётный ветроэнергетический валовый потенциал территории Терского хребта составляет 1406 млрд. кВт·ч/год.

Необходимо отметить, что применение современных ветроэнергетических установок наземного типа экономически целесообразно при среднегодовой скорости ветра не менее 5 м/с [11].

Турбина ветровой электростанции представляет собой вращающуюся машину, которая преобразует кинетическую энергию ветра в механическую энергию. В зависимости от оси вращения турбины их можно разделить на два основных типа (рис. 2). Чаще встречаются турбины, вращающиеся вокруг горизонтальной оси. Турбины с вертикальной осью используются реже.

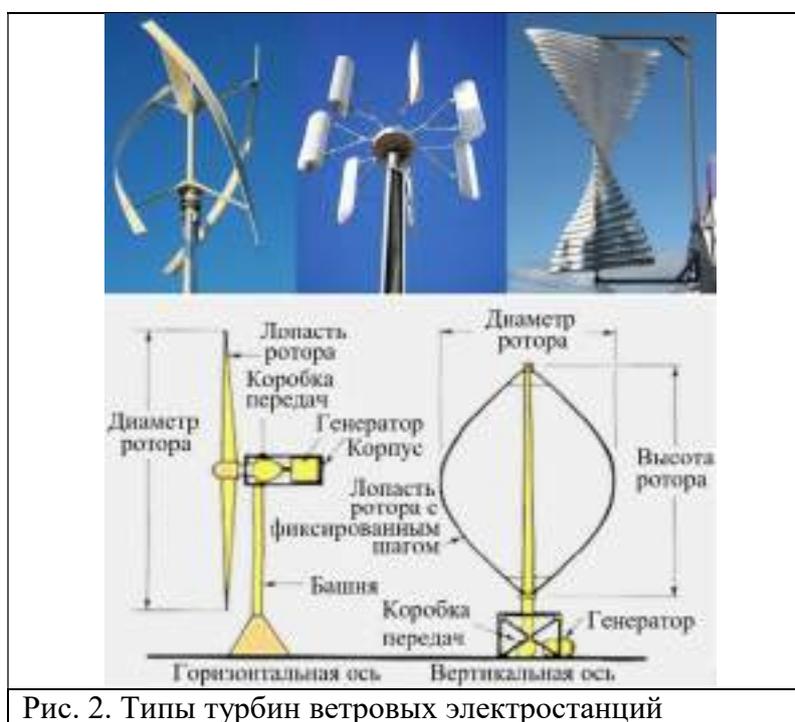


Рис. 2. Типы турбин ветровых электростанций

Чтобы произвести электричество, вал турбины ветровой электроустановки должен быть соединён с электрическим генератором, представляющим весьма сложное техническое устройство (рис. 3). Этот генератор через редукторы преобразует механическую энергию вращающегося вала турбины в электрическую. В этих устройствах весьма целесообразно применять наноматериалы [6], во многом способствующие повышению эффективности производства электроэнергии

Практический интерес представляет распределение себестоимости строительства наземных ветровых электростанций по их отдельным элементам. Собранные данные практики их строительства показывают значительную (свыше 10 % – стоимость материала и 22 % – стоимость возведения) долю, приходящуюся на их башню (рис. 4) и турбину (49 %).

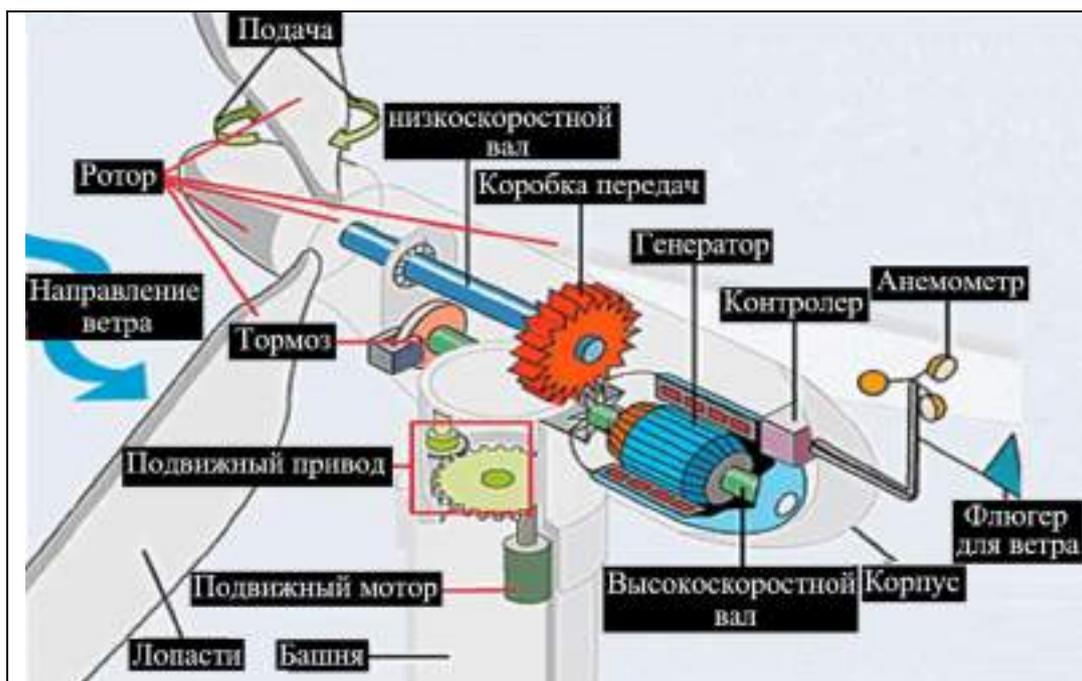


Рис. 3. Компоновка ветровой турбины

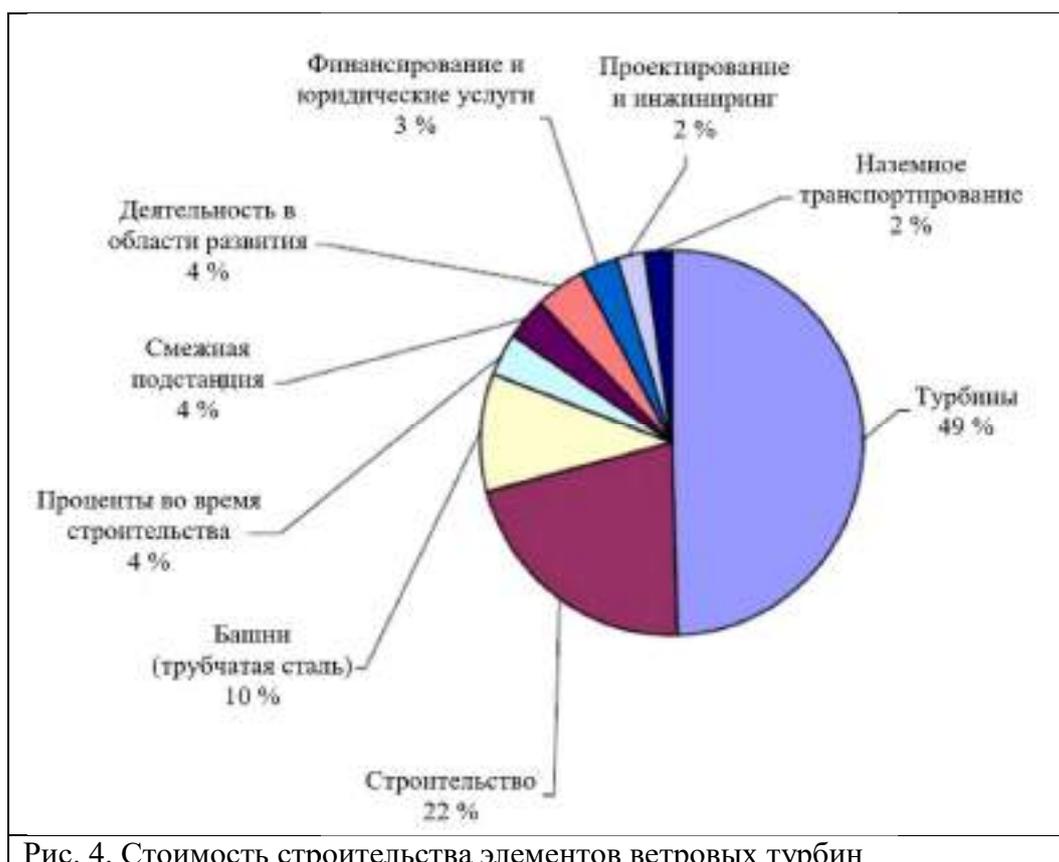


Рис. 4. Стоимость строительства элементов ветровых турбин

Ветровые наземные энергоустановки подразделяются по своей мощности от маломощных ветряков до весьма мощных ветровых энергостанций (рис. 5), обеспечивающих энергоснабжение различных объектов.

Наземные ветровые электростанции с течением времени от их первого появления до современного времени прошли ряд серьёзных усовершенствований, в основном касавшихся размеров (высоты) их башен (мачт) и диаметра ветрового колеса (рис. 6).



Рис. 5. Размеры ветровых электростанций и области применения

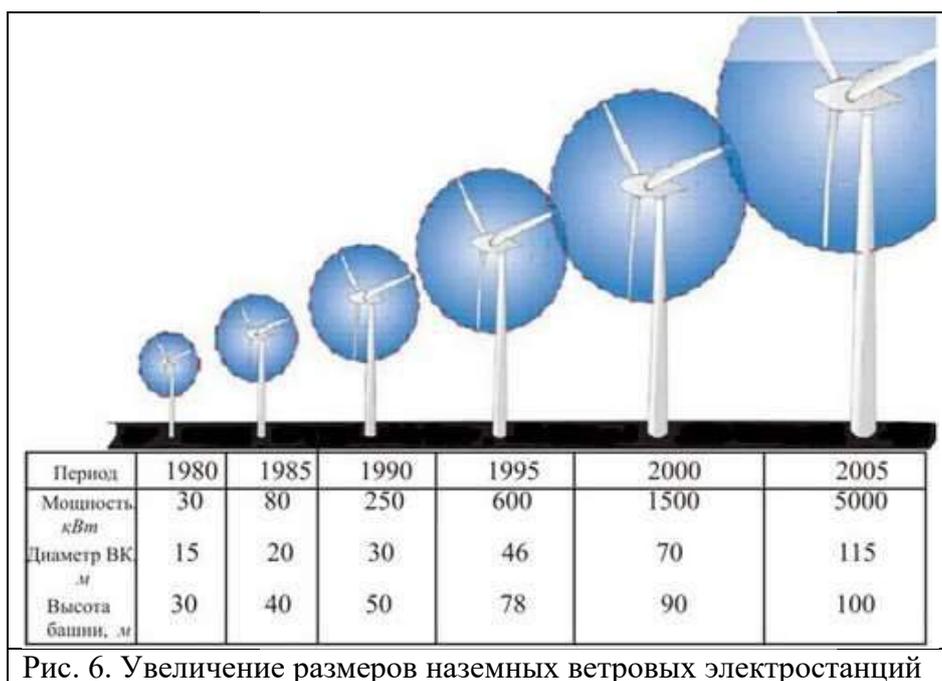
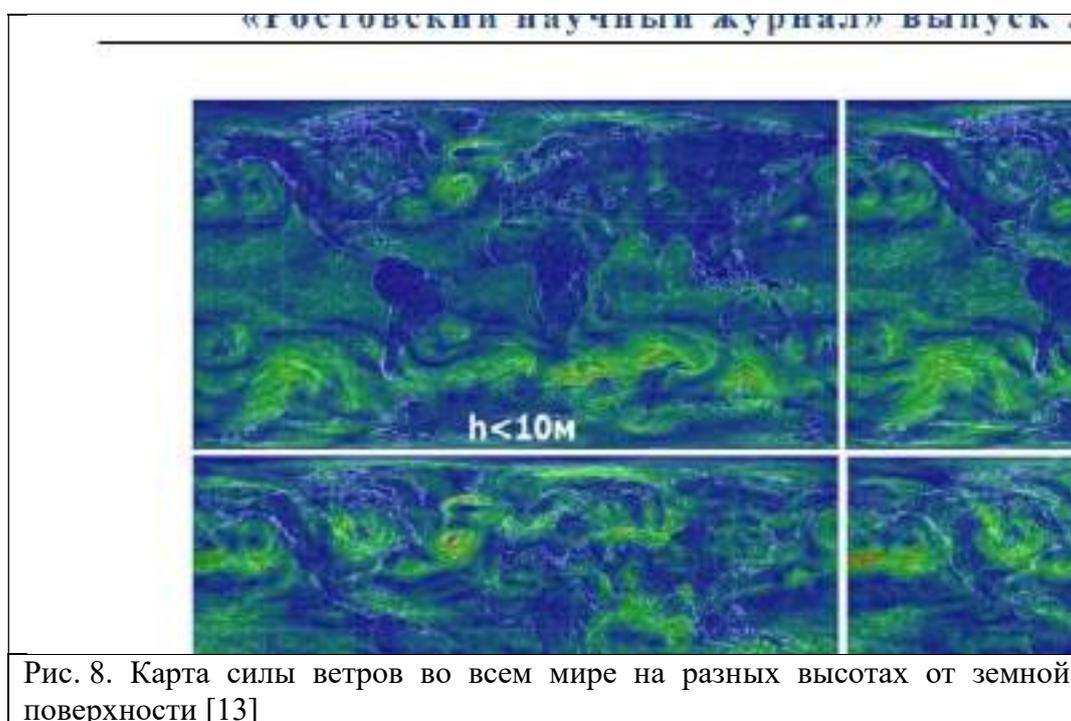


Рис. 6. Увеличение размеров наземных ветровых электростанций

При этом высота башен и диаметр ветрового колеса прямо коррелируют с мощностью энергоустановки. Однако, эти параметры имеют выраженные размерные ограничения: не более 135 м высота башен и 80 м – радиус ветрового колеса. В основном это обусловлено необходимостью обеспечения должной устойчивости ветровой энергоустановки, на которую значительное влияние оказывают возможные резкие порывы ветра, приводящие к биению ветрового колеса и разрушению как лопастей, так и башен (мачт) наземной ветровой электростанции (рис. 7).

Центральным фактором обеспечения эффективной работы ветровых электростанций является значение скорости движения ветра, которая существенно увеличивается с высотой (рис. 8). Поэтому в качестве наиболее эффективных альтернативных источников поставок

электроэнергии предлагаются ветровые летающие электроустановки, способные эффективно работать на высотах до 10 км.



В Стенфордском университете установили, что максимальной эффективности летающие электроустановки достигают при работе на высотах 8500...9000 м над земной поверхностью,

т. к. именно здесь ветер достигает наибольшей силы, а его интенсивность, плотность и равномерность максимально велики. При этом ветровая энерготурбина, находящаяся в верхних слоях атмосферы производит лишь незначительный шум, а в случае, если ей понадобится обслуживание, её можно легко лебедкой спустить на землю для ремонта.

Поэтому кроме наземных электроустановок значительный практический интерес представляют летающие (парящие), на различных принципах, высотные электроустановки.

Так, компания Joby Energy разработала летающую ветровую энергоустановку, в которой многокрылая конструкция поддерживает сразу несколько турбин. Эти турбины подключены к мотор-генераторам, которые одновременно производят тягу во время взлета такой установки и производство электроэнергии в ходе её полета, осуществляемого перпендикулярно ветру. Такая, ориентация в полете поддерживается за счет компьютерной системы, управляющей аэродинамическими поверхностями крыльев и дифференциально контролирующей скорости вращения отдельных роторов. Армированный композитный трос передает производимую электроэнергию на землю и одновременно удерживает полёт такой установки на определенной высоте над земной поверхностью. Высокая избыточность работы турбин и возникновение режима авторотации, позволяет даже в случае отказа нескольких элементов, оставаться в воздухе.

В настоящее время созданы летающие ветровые турбины Makani, с размахом крыльев 25,9 м, которые оснащены восемью электрогенераторами (рис. 9). В них будут использоваться электрические кабели, которые будут передавать производимую электроэнергию на землю. Мощность такой электрогенерирующей машины составляет 600...1000 кВт.



Компания Makani Power также разработала летающую высотную ветровую турбину, по своей сути являющейся огромным кайтом (рис. 10), который будет в состоянии использовать имеющийся значительный энергетический потенциал ветров, существующий на довольно больших высотах.

Этот кайт представляет собой 30-метровое монокрыло из углеродного волокна, на котором установлены ветровые турбины. Также на этом крыле закреплено множество датчиков (GPS, барометр, магнитометр и т. д.) и контроллеров, передающих собираемые данные лётному компьютеру, контролирующему траекторию полёта. Вся эта система связана с землёй гибким тросом (длиной 0,5 км), по которому передаётся генерируемая электроэнергия.

Стартап KiteGen из Турина (Италия) основывается на следующем инновационном подходе, заключаемом в том, чтобы оставить на земле всё электрогенерирующее оборудование, тем

самым существенно экономя вес воздушной части конструкции, и вместо этого передавать физическую тягу кручения по специальному тросу от кайта на землю для последующей выработки электроэнергии.



Рис. 10. Ветряк-кайт

Чтобы извлечь энергию от ветра на высоте около 900 м, такие энергетические кайты сделаны полужёсткими и автоматически пилотируемы. Всё тяжёлое оборудование для производства электроэнергии находится на земле. Для соединения воздушной и наземной систем, высокоустойчивые тросы передают образуемую тягу кайтов, одновременно с этим контролируя их направление движения и угол относительно ветра.

Кроме того, к настоящему времени была построена летающая электроустановка, получившая название MARS (Magenn Power Air Rotor System) [10]. В ней баллон (рис. 11), заполненный гелием, имеет на своей поверхности загнутые под углом лопасти, очень похожие на водозащепы у колеса водяной мельницы. Динамический поток воздуха действует на них так же, как гидродинамический поток воды на мельничное колесо, и в результате воздушная конструкция вращается вокруг горизонтальной оси, к которой крепятся электрогенераторы, а также тросы, удерживающие такой вращающийся дирижабль на одном месте и передающие на землю произведённое электричество.

Ветер, раскручивающий лопасти, удерживает этот аппарат (за счёт эффекта Магнуса) в горизонтальном положении относительно земной поверхности. Так, благодаря круговым движениям лопастей, возникает поперечная сила, которая помогает стабилизировать этот аппарат в приземной атмосфере.

По осуществленным расчётам, MARS сможет нормально работать и производить электроэнергию при скоростях ветра 1...28 м/с. Этот диапазон более широким, чем у распространённых типов наземных ветрогенераторов. Особенно важно то, что MARS сможет вращаться и вырабатывать электроэнергию даже при довольно слабом ветре.

Для установки такого летающего ветрогенератора MARS необходимы лишь небольшой фундамент с лебёдкой и трансформаторная станция. С помощью канатов этот аппарат поднимается на высоту порядка 300 м, где скорость ветрового потока достигает 100 км/ч и более. Электроэнергия (которую вырабатывает такая летающая электроустановка) подаётся по специальному кабелю на землю в трансформаторную подстанцию, откуда она может быть направлена для немедленного использования потребителями, либо к энергосистеме через

электрическую сеть для последующего использования, либо к набору батарей для накопления и хранения электроэнергии.

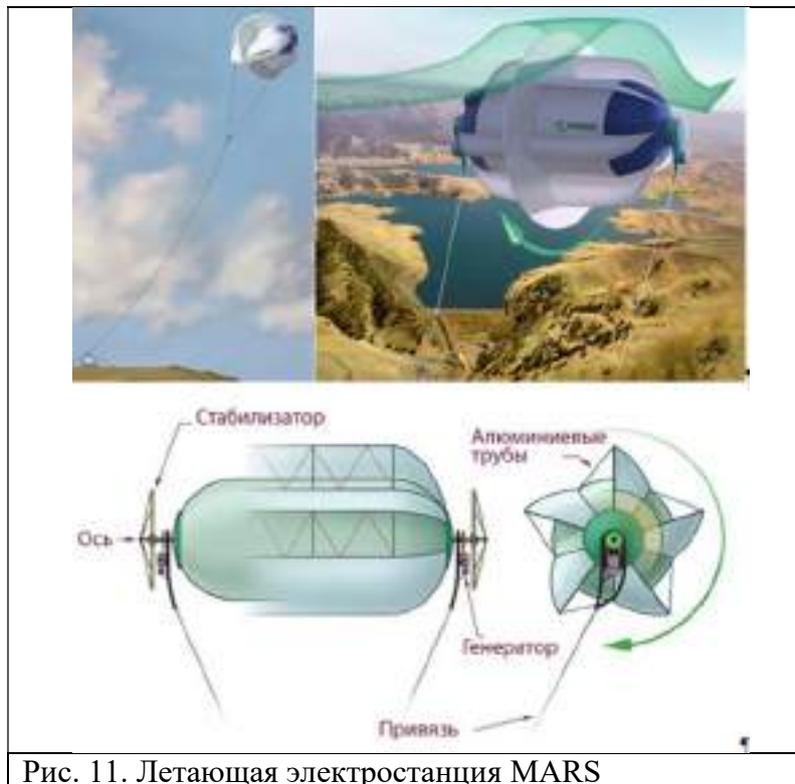


Рис. 11. Летающая электростанция MARS

Magenn Power разрабатывает сейчас целую линейку MARS разных размеров с выходной мощностью 4...100 кВт [10]. Стоимость таких генераторов составляет от \$3 до \$5 за один ватт мощности, а цена на электричество, выработанное ими, – 0,35...0,45 центов за киловатт-час. Кроме того, компания Altaeros Energies разработала летающую ветровую турбину — нечто среднее между традиционным ветряком и дирижаблем (рис. 12).



Рис. 12. Летающая электростанция-дирижабль Buoyant Air Turbine

Конструкция летающей ветровой турбины Altaeros довольно проста. Надувная оболочка, заполненная гелием, поднимает энергоустановку на значительную высоту, где ветры гораздо сильнее, нежели чем на уровне земной поверхности. Высотные турбины удерживаются

специальным тросом, с помощью которого электроэнергия, вырабатываемая турбиной, направляется к потребителям на землю. Необходимо отметить, что действующий прототип произвёл в более чем два раза больше электроэнергии на значительной высоте, чем это сделал бы обычный ветряк на традиционной мачте, а стоимость произведённой электроэнергии составляет 2,8 цента за один кВт. При этом такая энергоустановка способна функционировать практически в автономном режиме (участие персонала сведено к минимуму), т. к. требует технического обслуживания только один раз в 1,5 года.

Новые ветровые турбины были созданы по аналогии с воздухозаборниками самолётов: внутри этих ветровых энергоустановок находятся роторы, которые вращаются под воздействием ветра и генерируют электрический ток. Примером ветровых турбин турбореактивного типа может служить предложенная FloDesign технология [14] основанная на захвате ветра энерготурбиной, размещённой на дирижабле, через небольшое отверстие, что делает такую турбину, примерно в четыре раза эффективнее горизонтальных ветровых электростанций.

Кроме того, уже существует ряд проектов «Sky Int Power», которые используют эффект воздушного змея (рис. 13), с электрогенератором массой до 500 кг.



Рис. 13. Электростанция на базе воздушного змея [13]

Также к настоящему времени создан проект безопасной ветровой турбины (рис. 14), которая не содержит никаких движущихся частей. Разработанный голландской архитектурной фирмой Месапоо, электростатический преобразователь энергии ветра (EWICON) в настоящее время является прототипом (действующим макетом) такого устройства и выставлен в Технологическом университете Делфта (Нидерланды). Эта модель использует энергию движения заряженных частиц (воды) и заряженных ионов и перевод её в электрическую.

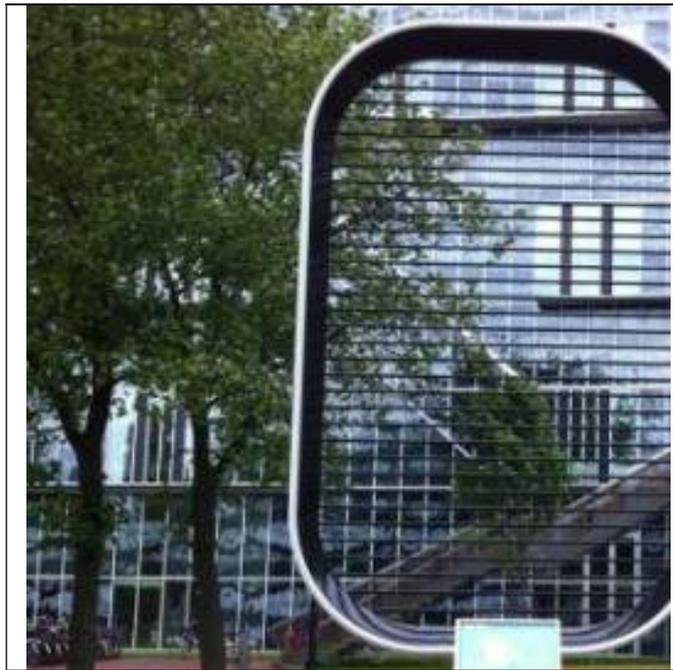


Рис. 14. Электростатический ветряк

На аналогичном принципе корпорация Dutch Windwheel Corporation планирует построить в г. Роттердаме (Голландия) инновационную ветровую электростанцию Dutch Windwheel, работа которой будет основана на технологии EWICON, недавно разработанной в Делфтском технологическом институте (Electrostatic Wind energy CONverter — «Электростатический конвертер ветровой энергии»). Эта «ветровая мельница XXI века» откроет принципиально новую страницу в традиционной зелёной энергетике [2]. Здание этой электростанции будет состоять из 2-х огромных ажурных колец (рис. 15), выполненных из стекла и бетона. Внешнее кольцо будет извлекать энергию из ветра, а кроме того, в нём также будет находиться 40 вращающихся кабинок обозрения, движущиеся по рельсам. Во внутреннем кольце разместятся видовой ресторан, апартаменты, гостиничные номера и офисы, а также система, предназначенная для переработки биоотходов, создаваемых посетителями, в «зелёное» топливо – биогаз. Интереснее всего, конечно, то, что будет происходить в полости внешнего кольца. Суть технологии EWICON состоит в перемещении заряженных частиц против направления электрического поля.

Во внешнем кольце Dutch Windwheel роль таких частиц будут выполнять положительно заряженные капельки воды и различные ионы. С помощью специальных форсунок, размещённых практически по всей внутренней поверхности кольца, эти заряженные капельки и ионы будут подниматься в воздух, а существующий ветер направит их вдоль электродов, также усеивающих внутреннюю поверхность. Благодаря этому постоянно будет создаваться разность потенциалов и вырабатываться электрический ток. Вода при этом будет извлекаться из почвы, которая вокруг инновационной «водяной мельницы» будет заболочена (в том числе, благодаря дождям, воды которых будут стекать по внешним изгибам колец).

Эта технология ещё перспективна и тем, что в механизме такой электростанции не существует движущихся друг относительно друга деталей. А значит, ничего не будет изнашиваться и ломаться. Кроме того, в отличие от традиционных ветряков, такая ветровая электростанция не будет иметь вращающихся лопастей, которые пока ещё убивают немало диких птиц. Такой подход получил дальнейшее развитие в градостроительной архитектуре, где сами жилые и промышленные здания будут вырабатывать электроэнергию под воздействием силы ветра (рис. 16).

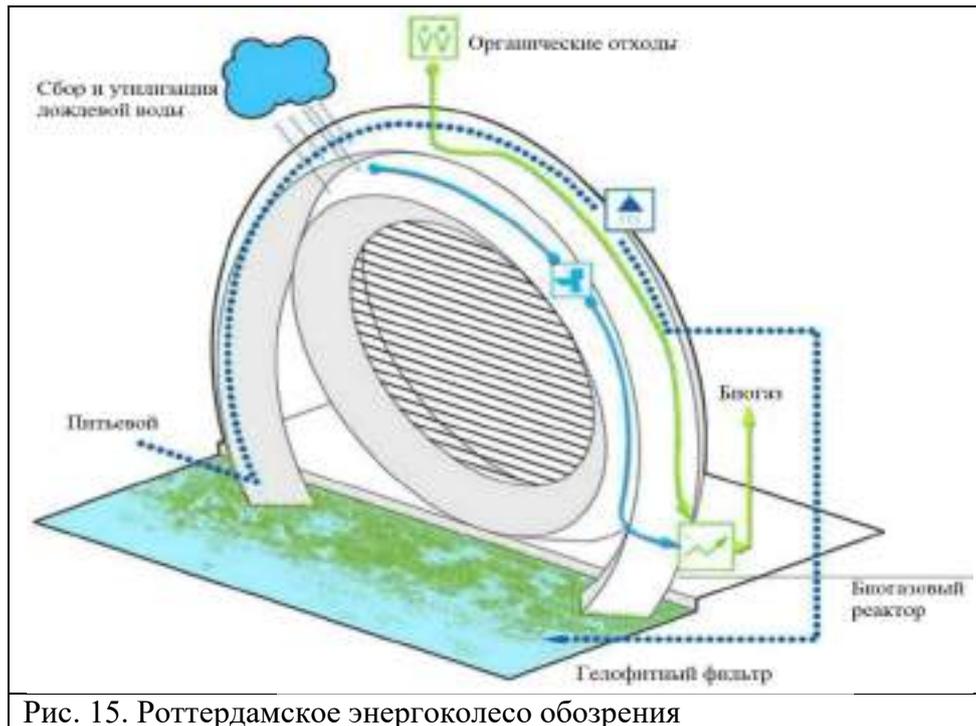


Рис. 15. Роттердамское энергоколесо обозрения

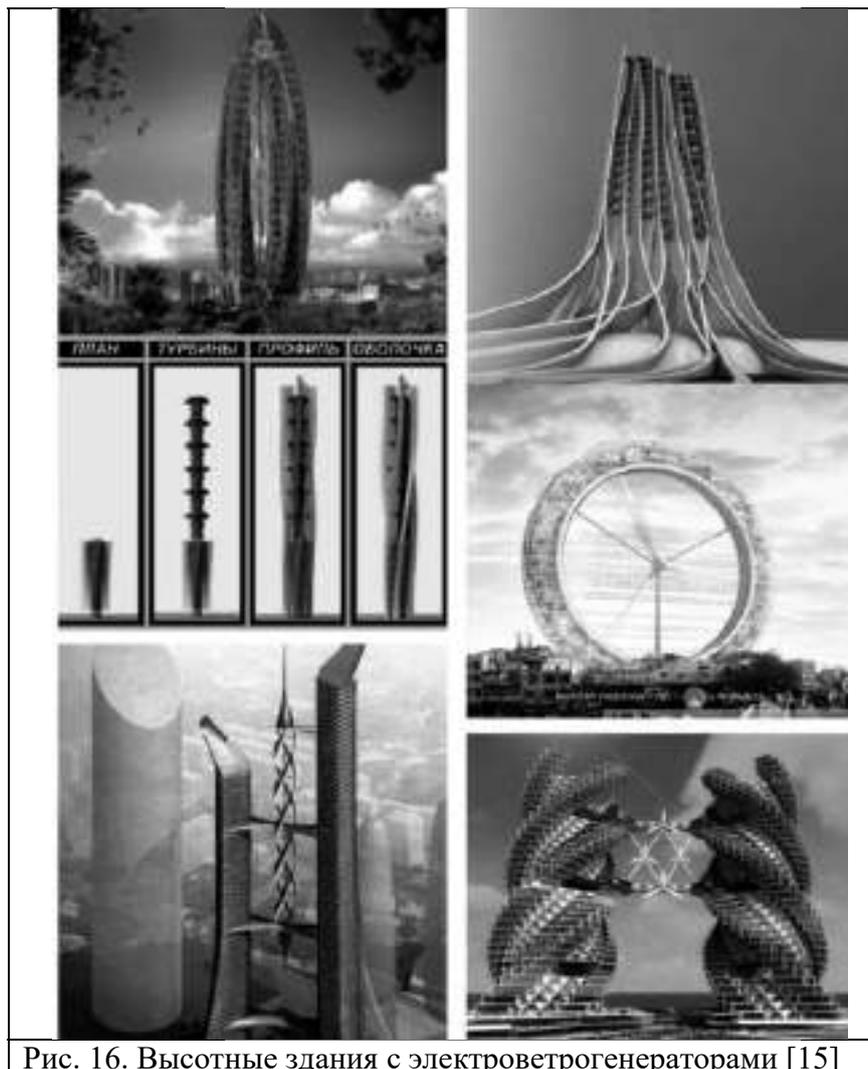


Рис. 16. Высотные здания с электроветрогенераторами [15]

Так, в настоящее время уже существуют высотные здания с точечным размещением ветровых энергоустановок (например, на их крыше), консольным размещением или в сквозных отверстиях. При среднем энергопотреблении высотного здания в 5 тыс. МВт его собственные энергоустройства способны обеспечить до 25 % существующего общего электропотребления. Стоимость такой энергосистемы составляет 120 млн. руб, при сроке окупаемости 5...8 лет. В ОАЭ реализуется новый проект по генерации «зеленой» электроэнергии [12], предусматривающий монтаж 1200 углеродистых «стеблей» (рис. 17), высотой 55 м. Каждый отдельный элемент этой системы находится на расстоянии 10 м друг от друга.



Рис. 17. Электростанция «качающиеся стебли»

Толщина отдельного «стебля» в основании равна 30 м, а кверху сужается до 5 см. Каждый такой «стебель» будет содержать чередующиеся слои электродов и керамических дисков, изготовленных из пьезоэлектрических материалов, которые генерирует электрический ток, когда подвергаются давлению. Поэтому, когда «стебли» будут качаться на ветру, пьезодиски будут сжиматься и ослабляться, генерируя электрический ток. На вершине каждого стебля будет установлено по светодиодному фонарю, яркость свечения которого будет напрямую зависеть от силы ветра и количества генерируемой в данный момент электроэнергии. Выбор места расположения имеет важное значение для успешного строительства и эксплуатации ветровых электростанций. Однако самым важным критерием при выборе места является значение скорости ветра. С помощью теоретических исчислений и полученных подробных данных натурных измерений силы ветра необходимо оценить ветровой потенциал местности и сделать прогнозы эффективности производства электроэнергии. В зависимости от значений ветрового ресурса окупаемость ветровой электростанции может быть в пределах 2...4 лет, а срок её эксплуатации – более 30 лет.

Средневзвешенная стоимость электроэнергии новых наземных ветровых электростанций в 2019 г. составила 0,053 долл./кВт·ч, а инновационных летающих – 0,028 долл./кВт·ч. Ожидается, что себестоимость производства электроэнергии ветровыми электростанциями будет продолжать в дальнейшем снижаться, что будет обусловлено снижением цен на ветровые турбины и существенной экономией за счёт масштаба производства и снижением затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание [5, 9].

Список литературы

1. Ветровая электростанция – Режим доступа: свободный. – URL: <https://present5.com/wind-turbine-power-plant-introduction-of-wind-turbine> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
2. Ветряную супер-электростанцию построят в Роттердаме – Режим доступа: свободный. – URL: <http://rusbenelux.com/vetryanuyu-super-elektrostantsiyu-postroyat-v-rotterdam> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
3. Воробьев А. Е. Программа развития науки и инноваций в Атырауском университете нефти и газа. Lambert Academic Publishing. Mauritius. 2017. 130 с.
4. Воробьев А. Е. Человек и биосфера. Основы взаимодействия, эволюции и самоорганизации. Учебное пособие / Под ред. чл.-корр. РАН Пучкова Л. А. – М.: МГГУ, 1998. – 216 с.
5. Воробьев А. Е., Воробьев К. А., Мадаева М. З., Хаджиев А. А. Наноматериалы высоковольтных кабелей и проводов // В сборнике: Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 144–146.
6. Воробьев А. Е., Гладуш А. Д. Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. Т. 2. Наноассоциаты пород и наноминералы. М., РУДН. 2019. 411 с.
7. Воробьев А. Е., Кожоголов К. Ч., Разаков Ж. П., Кожоголов Б. К., Шамшиев О. Ш., Тагаев Р. А., Воробьев К. А. Геоинжиниринг: оружие поражения или технологии развития? / Под редакцией Ивашова Л. Г. Бишкек (Кыргызстан). 2020. 406 с.
8. Воробьев А. Е., Мадаева М. З., Воробьев К. А. Возможности эффективного применения инновационных методик подготовки кадров по специальностям энергетики // Материалы республиканской научной конференции «Актуальные вопросы подготовки кадров по специальностям энергетики». Сумгаит (Азербайджан). Сумгаитский государственный университет. 2019. С. 6–13.
9. Воробьев А. Е., Мадаева М. З., Хаджиев А. А. Будущее энергетики // В сборнике: Актуальные вопросы тепло- и электроэнергетики. Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Грозный, 2021. С. 65–78.
10. Дирижабль-электростанция прешел испытания – Режим доступа: свободный. – URL: https://gizmod.ru/2008/05/12/dirizhabl-elektrostantsija_preshel_ishpytaniya (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
11. Керимов И., Дебиев М., Масаев С. Приоритетные направления развития энергетики Чеченской Республики // Энергетическая политика. 2020.
12. Конструкции ветровых турбин и их характеристики – Режим доступа: свободный. – URL: <https://tv-r.ru/konstrukcii-vetrovyh-turbin-i-ih-harakteristiki-что-такое-новaya> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
13. Онищенко Р. А., Кузнецов Е. А. Перспективы использования летающих ветрогенераторов в регионах, испытывающих нехватку электрической энергии // Ростовский научный журнал № 11. 2017. С. 332–337.
14. Рогов В. Ю. Оценка эффективности аэростатной ветроэнергетики в Байкальском регионе // Известия иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права) N 1. 2013. С. 31.
15. Семикин П. П., Бацунова Т. П. Особенности объёмно-пространственных решений высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии // Известия высших учебных заведений. Строительство № 1. 2015. С. 69–76.

Ways of development of wind power industry in Grozny

¹ Vorobyov A. E., ² Agamagomedova E. V.

¹ *Academician M. D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University,
364051, Russia, Grozny, av. Kh. A. Isaeva 100*

² *NB BSTU named after V.G. Shukhov, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

The article considers promising directions for the development of efficient methods of energy supply on the example of the Chechen Republic. A comparative analysis of the cost of electricity production from its various sources has been carried out. An analysis of the cost of electricity production shows that the cheapest is its production based on hydroelectric power plants. The practical significance is substantiated, which lies in the distribution of the cost of construction of ground-based wind power plants by their individual elements. The collected data show a significant (over 10 % – the cost of material and 22 % – the cost of erection) share attributable to their tower. A decrease in the cost of electricity production by wind power plants is predicted, which in the future will lead to a decrease in prices for wind turbines due to an increase in production potential, and a decrease in operating and maintenance costs.

Keywords: wind energy, wind power plant, promising direction, development.

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_54

УДК 620.93

ГРНТИ 44.31.35

ВАК 05.14.04

Перевод промышленно-отопительной котельной в режим мини-ТЭЦ с использованием паровой винтовой машины

Орлов М. Е., * Винайкина И. В.

*Ульяновский государственный технический университет
432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец 32*email: mi5h@mail.ru, * iravinaykina@gmail.com

С целью энергосбережения рассмотрены возможности применения паровой винтовой машины (ПВМ) на промышленно-отопительных котельных для получения собственной электрической энергии. Применение данной энергоустановки значительно повышает эффективность котельных и является энергосберегающим решением. Паровая винтовая машина позволяет эффективно утилизировать избыточную тепловую энергию бесполезно редуцируемого пара и получать электрическую энергию, без дополнительного сжигания топлива. Прогрессивность идеи винтовых машин заключается в неизменно направленном (вращательном) движении рабочих органов машины. Отсутствие в ПВМ деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, позволяет реализовать высокие скорости вращения роторов, что обеспечивает получение относительно высокой производительности при небольших размерах. В результате было рассмотрено устройство и принцип действия ПВМ, выделены основные преимущества данной установки перед паровыми лопаточными турбинами малой мощности, описаны проблемы при эксплуатации установки и приведены возможные варианты их решения. Также был произведен подбор паровой винтовой машины для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска.

Ключевые слова: паровая винтовая машина, мини-ТЭЦ, когенерация, электрическая энергия.

Введение

Одним из наиболее простых и эффективных вариантов организации когенерации на котельных является технология ПВМ (паровая винтовая машина). На большинстве котельных в редуционных устройствах бесполезно теряется потенциальная энергия пара. Энергетический агрегат на базе ПВМ устанавливается на паропроводе и полезно использует перепад давления пара для выработки электроэнергии. Такой вариант реконструкции котельных позволяет обеспечивать собственные нужды отопительных и производственных котельных в электрической энергии, сократить расходы на приобретение сетевой электроэнергии, снизить себестоимость произведённой тепловой энергии и получить дополнительную прибыль, что значительно повышает эффективность котельных и является энергосберегающим решением [5].

Характеристики паровой винтовой машины

Основное отличие энергоустановок с ПВМ от паротурбинных энергоустановок заключается в следующем. Паротурбинные установки спроектированы практически на одно единственное сочетание расхода и давлений пара на входе в машину и на выходе из нее. Данное сочетание условий по пару определяет мощность машины. В то же время условия по пару в различных котельных могут существенно различаться и с течением времени меняться, поэтому маловероятно, чтобы они совпали с расчетными условиями работы машины [1].

Конструкция ПВМ позволяет в широком диапазоне приспосабливаться к условиям работы конкретной котельной и, как следствие, может покрывать диапазон мощности от 250 до 1000 кВт. В таблице приведены основные параметры и технические характеристики турбогенератора ПВМ.

Основные параметры и технические характеристики турбогенератора ПВМ [4]

Наименование	ПВМ-250	ПВМ-500	ПВМ-1000
Тип расширителя	винтовой	винтовой	винтовой
Рабочая среда	водяной пар	водяной пар	водяной пар
Параметры пара:			
Давление на входе, МПа	0,8...1,4	0,8...1,4	0,8...1,4
Температура пара на входе, °С	до 300	до 300	до 300
Давление на выходе, МПа	0,2...0,6	0,2...0,6	0,2...0,6
Расход пара, т/ч	4...10	7...18	10...25
Максимальная электрическая мощность, кВт	250	500	1000

Каждое такое сочетание режимных параметров пара определяет мощность ПВМ. Оптимальная настройка конструкции ПВМ на определённое сочетание параметров пара осуществляется за счёт подбора в широком диапазоне соответствующих конструктивных параметров ПВМ при единой базовой конструкции машины, которая определяется литейными моделями корпуса.

Энергоустановка с ПВМ может использоваться для автономного режима работы, для режима работы параллельно сети, а также для привода исполнительных механизмов (например, водяных насосов). При работе в параллельном режиме энергоустановка работает на электрическую сеть предприятия, покрывая часть его собственных нужд в электроэнергии и уменьшая тем самым её потребление из сети [1].

Устройство и принцип действия ПВМ

ПВМ является машиной объёмного действия. В корпусе вращаются рабочие органы – винты роторов (рис. 1). Роторы выполнены из стали, на них нарезаны винты асимметричного профиля. Синхронизирующие шестерни, установленные на роторах, исключают возможность касания профилей винтов друг с другом. Выходной вал ведущего ротора соединён с электрогенератором [2].

Принцип действия ПВМ показан на рисунке 2. Пар высокого давления из котла поступает в ПВМ через впускное окно в корпусе с одного торца роторов. После заполнения паром канавки между зубьями происходит отсечка пара, и при дальнейшем вращении роторов в канавке (парной полости) происходит объёмное расширение порции пара. В конце расширения канавка сообщается с выпускными окнами в корпусе на другом торце роторов. Отработанный пар поступает в тепловую сеть для нужд технологии или для отопления [1].

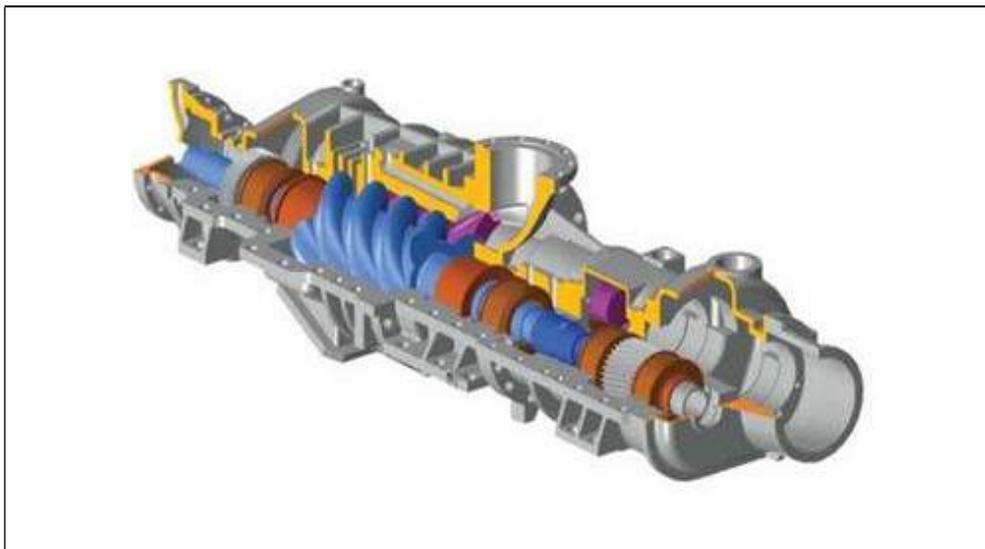


Рис. 1. Конструкция ПВМ [1]

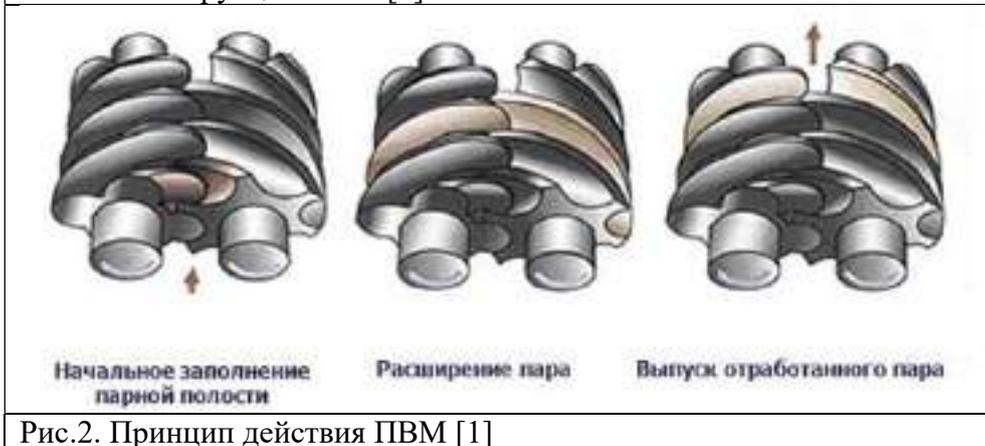


Рис.2. Принцип действия ПВМ [1]

Технические преимущества ПВМ перед лопаточной паровой турбиной

1. Высокий КПД расширения (0,7...0,75) в широком диапазоне режимов (конденсат, образующийся при расширении пара, затекает в зазоры между рабочими органами, уменьшая утечки пара и повышая КПД).
2. Простота конструкции, высокая ремонтпригодность, относительно небольшие затраты на производство двигателя.
3. Высокий межремонтный ресурс 2...3 года (15 тыс. часов) обусловлен отсутствием взаимного касания роторов и, соответственно, отсутствием механического износа.
4. Паровая винтовая машина в отличие от паровой турбины может работать на паре любой влажности. При малой скорости потока между винтами отсутствует эрозионный износ поверхностей рабочих органов.
5. Неприхотливость к качеству пара, наличию в нём частиц окалины, грязи.
6. Габариты паровой винтовой машины в 1,5...2 раза меньше, чем у турбины. Это важно при размещении в действующем здании котельной [1].

Проблема при эксплуатации установки и её решение

Проблемой при эксплуатации ПВМ являются утечки пара в атмосферу при износе уплотнений валов.

Лабиринтные и радиально-щелевые угольные уплотнения установлены на концах валов роторов и в разгрузочном устройстве и исключают протечки пара в масляную систему расширителя, а также уменьшают протечки пара в атмосферу. По мере износа уплотнений потери пара в атмосферу увеличиваются. Для утилизации пара от протечек уплотнений важно, чтобы процессы проходили при атмосферном давлении или при небольшом разрежении.

Одним из способов утилизации может быть впрыск холодной химически очищенной воды в цилиндрическую камеру, установленную на трубопроводе отвода пара от ПВМ. Регулирование расхода холодной воды осуществляется с помощью простейшей системы регулирования температуры прямого действия, настроенной таким образом, чтобы в атмосферу выходило минимально возможное количество пара. Образовавшийся конденсат может использоваться для подачи в деаэрактор [3].

Подбор паровой винтовой машины для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон»

Для организации когенерации на котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска подберём паровую винтовую машину. Отпуск пара потребителям осуществляется через редукционную установку, которая рассчитана на редуцирование всего пара, поступающего в ЦТП. Давление пара на входе в ЦТП = 14,74 кгс/см², снижение давления пара производится редукционными клапанами с $p_1 = 14,74$ кгс/см² до $p_2 = 12,00$ кгс/см², $G = 14,0$ т/ч, затем давление снижают с $p_1 = 12,00$ кгс/см² до $p_2 = 6,00$ кгс/см², $G = 4,250$ т/ч и с $p_1 = 6,00$ кгс/см² до $p_2 = 2,00$ кгс/см², $G = 2,250$ т/ч. Мы наблюдаем, как в редукционных устройствах бесполезно теряется потенциальная энергия пара. Для решения этой проблемы паровая винтовая машина ПВМ-250 устанавливается на паропроводе параллельном редукционному клапану, который предназначен для уменьшения давления с $p_1 = 12,00$ кгс/см² до $p_2 = 6,00$ кгс/см². Тем самым полезно используется перепад давления пара для выработки электроэнергии. Паровая винтовая машина была подобрана в соответствии с основными параметрами и техническими характеристиками турбогенератора ПВМ-250.

Заключение

Таким образом, ПВМ может эффективно применяться для производства электроэнергии в котельных, реконструированных в мини-ТЭЦ, при срабатывании перепада давления пара. В качестве примера была подобрана ПВМ для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска. Паровая винтовая машина в диапазоне мощности от 250 до 1000 кВт обладает значительными техническими преимуществами перед паровой турбиной по эффективности, габаритам и стоимости.

Список литературы

1. Березин С. Р. Паровая винтовая машина как средство энергосбережения / Березин С. Р., Боровков В. М., Ведайко В. И., Богачева А. И. // Новости теплоснабжения. – 2009. – № 7 (107). – С. 23–26.
2. Боровков В. М., Бородин О. А. Паровая винтовая машина для использования в малой энергетике // Новости теплоснабжения. – 2006. – № 2. – С. 28–33.
3. Григорьев В. Н., Богачёва А. И. Перевод котельной в режим мини-ТЭЦ на базе паровинтовой турбины // Новости теплоснабжения. № 9 (193). 2016 г.

4. ООО "Экополис Сертификация и Сервис". – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecopolis04.ru/site/83> (дата обращения 12.04.22).
5. Чурашев В. Н. Мини ТЭЦ – перспективное направление развития энергетики Новосибирской области / Чурашев В. Н., Маркова В. М. // Актуальные проблемы развития Новосибирской области и пути их решения: сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч.1: Проблемы и перспективы экономического развития Новосибирской области / ред. А. С. Новоселов, А. П. Кулаев. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. – 2014. – С. 138–161.

Transfer of the industrial heating boiler house to the mini-CHP mode using a steam screw machine

Orlov M. E., * Vinaykina I. V.

*Ulyanovsk State Technical University
432027, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets st., 32*

In order to save energy, the possibilities of using a steam screw machine (PVM) in industrial heating boilers to obtain their own electrical energy are considered. The use of this power plant significantly increases the efficiency of boiler houses and is an energy-saving solution. The steam screw machine makes it possible to efficiently utilize the excess thermal energy of uselessly reduced steam and obtain electrical energy, without additional fuel combustion. The progressiveness of the idea of screw machines lies in the invariably directed (rotational) movement of the working organs of the machine. The absence of reciprocating parts in the PVM makes it possible to realize high speeds of rotation of the rotors, which ensures relatively high performance with small dimensions. As a result, the device and the principle of operation of the PVM were considered, the main advantages of this installation over low-power steam blade turbines were highlighted, problems during the operation of the installation were described and possible solutions were given. The selection of a steam screw machine for the boiler room of the Teplon gas silicate products plant in Ulyanovsk was also carried out.

Keywords: steam screw machine, mini-CHP, cogeneration, electric energy.

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_59

ГРНТИ 44.00.00

ВАК 05.14.04

Особенности ветроэлектростанции в Ульяновской области

* Башмаков Д. А., Мальковский С. С., Пазушкина О. В.

Ульяновский государственный технический университет
432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец 32

email: * bashmakov_dima555333@mail.ru, sergeymalkovskii@yandex.ru,
o.pazushkina@yandex.ru

Статья посвящена актуальной теме ветровых электростанций, которые напрямую связаны с возобновляемыми источниками энергии, а именно с энергией ветра. Описаны устройство станций, их виды, принцип работы, воздействие на окружающую среду и т. д.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветер, энергетика, электростанции.

Российская Федерация имеет огромный потенциал для развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Министерство энергетики РФ сообщает, что за 2017 год в стране было построено больше мощностей возобновляемых источников энергии, чем за предыдущие два года: в 2015–2016 годах было введено 130 МВт ВИЭ, а в 2017 году – 140 МВт, из них более 100 МВт приходятся на солнечные электростанции, а 35 МВт – на первый крупный ветропарк Fortum, построенный в Ульяновской области.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра. Это перспективное направление, базирующееся на неисчерпаемом природном ресурсе. В последние годы освоение энергии ветра происходит весьма стремительно по всему миру. Прослеживается тенденция к дальнейшему развитию и распространению этого направления. Ветровая энергия является прямым результатом действия солнечного излучения и может классифицироваться как прямая форма превращения солнечного излучения. Под действием Солнца прогреваются воздушные слои атмосферы, что приводит к расширению воздуха. В то же время в зонах отсутствия значительного излучения воздушные массы охлаждаются и сокращаются в объёме.

Наиболее острый вопрос ветроэнергетики – экономическая эффективность и экологичность ВЭУ (ветроэнергетических установок).

Исследования, проведённые в ряде стран, показали, что наиболее экономичными сейчас являются ВЭУ мощностью 100...300 кВт, ожидается в будущем 250...350 кВт. Рентабельность ВЭУ средней мощности может быть обеспечена при комбинированном их использовании с дизель-генераторами как резервными источниками энергии. На этой базе создаются автономные и комбинированные (с действующими энергосистемами) ВЭУ.

Один из отрицательных факторов ВЭУ – блокировка территории оборудованием установки и связанные с этим экономические потери. Если на 1 км² можно разместить тепловую электростанцию мощностью 1000 МВт или солнечную электростанцию на 3...60 МВт, то максимальная мощность ВЭС, которая может быть получена с 1 км², составляет всего 10 МВт. Кроме того, при работе ВЭУ возникает характерный шум, который около ВЭУ

может достигать 50...80 дБ. В этой связи в Германии, Дании, Нидерландах согласно законодательству уровень шума не должен превышать: днем 50 дБ, ночью 35 дБ; минимальное расстояние ВЭУ от домов 300 м, дорог – 20...75 м, линий электропередач – 39...52 м, аэропортов – 4...6 км. Применение ВЭУ мощностью 500 кВт и выше позволяет значительно экономить занимаемую ими площадь (особенно в Европе), а также снижает удельные капитальные вложения и стоимость электроэнергии.

В мире и в России в настоящее время наибольшее распространение получили трёхлопастные ВЭУ с горизонтальной осью вращения, в состав которых входят следующие конструктивные узлы: рабочее колесо 1, гондола с редуктором 2 и генератором, башня 3 и фундамент 4 (рис. 1).

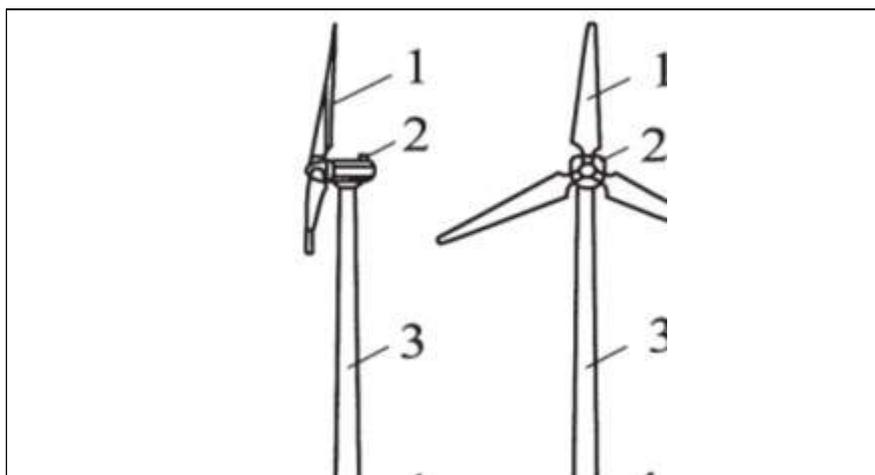


Рис. 1. Трёхлопастные ВЭУ с горизонтальной осью вращения

Теоретически на 1 м² территории в зависимости от скорости ветра может быть использовано около 57% ветровой энергии, практически – не более 33%. Около 30% экономического потенциала ветроэнергетики сосредоточено на Дальнем Востоке, примерно по 16% – в Западной и Восточной Сибири, 14% – в Северном экономическом районе и менее чем по 5% – в остальных районах. Наиболее перспективными для размещения ветроэнергетических установок являются побережья морей и участки их шельфов. На шельфах морей удельная мощность ветрового потока достигает 1000...1500 Вт/м², а на побережьях – 500... 1000 Вт/м², в то время как на удалении от побережий и в глубинных районах удельная мощность ветрового потока составляет 100...500 Вт/м².

При выборе района строительства ветровых установок необходимо задать пределы изменения скорости ветра в данной местности. Постоянные небольшие скорости ветра применяются в качестве расчётных для обеспечения требуемой мощности, а максимальные ветровые нагрузки позволяют рассчитать допустимые максимальные прочностные характеристики пропеллера.

Установки, в которых используется энергия ветра, в настоящее время разделяются на три группы:

- ветросиловые установки (ВСУ);
- ветроэнергетические установки (ВЭУ);
- ветроэнергоконверсионные установки (ВЭК).

Об установках третьей группы можно говорить как о физической возможности, однако для выработки энергии используются лишь установки, относящиеся ко второй группе.

Ветроэнергетические установки классифицируются по:

- расположению ротора (горизонтальные или вертикальные);
- принципу действия (активные или реактивные);
- по числу лопастей рабочего колеса – одно-, двух-, трёх- и многолопастные;

- по частоте вращения ротора;
- по мощности – малые (до 10 кВт), средние (от 10 до 100 кВт), крупные (от 100 до 1000 кВт), сверхкрупные (более 1000 кВт);
- по диаметру ротора (поверхности вращения ротора).

В соответствии с диаметром ротора или поверхности его вращения ветровые энергетические установки разделяются на:

- малые $d_p \leq 8 \div 16$ м; $F_p \leq 50 \div 200$ м²;
- средние $d_p < 16 \div 45$ м; $F_p \leq 200 \div 1600$ м²;
- большие $d_p < 45 \div 128$ м; $F_p \leq 1600 \div 12800$ м².

Под поверхностью вращения ротора понимается круговая поверхность, описываемая лопастью ротора при его вращении.

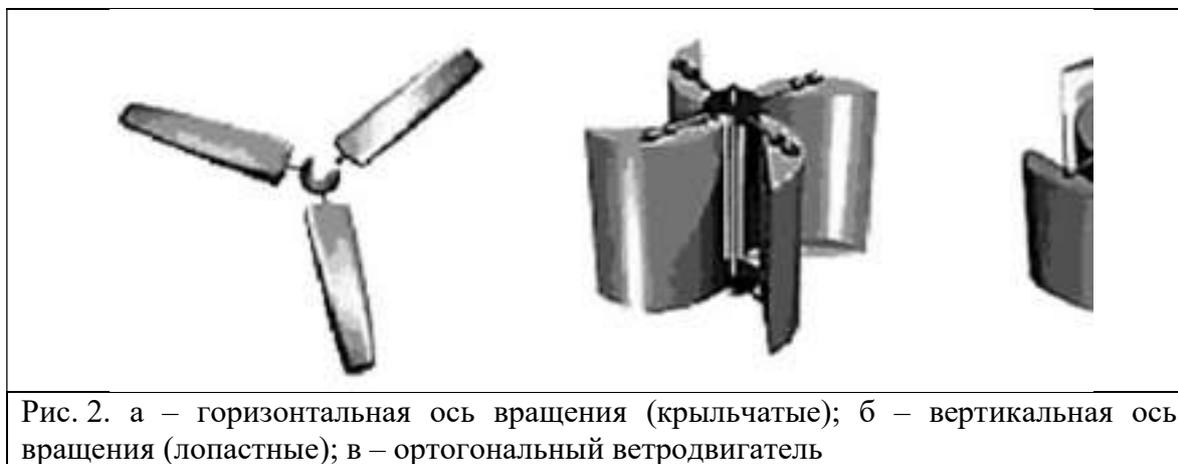
Установки по использованию ветра могут производить механическую энергию, которая используется или для привода насоса для перекачки воды или же для привода гидромолоты, в результате чего механическая энергия переходит в теплоту. Чаще всего ветровые установки используются для привода генератора и выработки электроэнергии, что позволяет обеспечить независимое электроснабжение.

Подобные установки могут быть использованы параллельно с аккумуляторами. Так, например, в ветреную погоду с помощью ветроустановки можно перекачивать воду снизу вверх насосом, а затем, используя гидротурбину вырабатывать электроэнергию.

Типы ветродвигателей:

- ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые);
- ветродвигатели с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные и ортогональные).

На рисунке 2 представлены типы ветродвигателей.



С января 2018 г. ветряная электрическая станция (ВЭС) Fortum в г. Ульяновск включена в реестр мощности. ВЭС с установленной мощностью 35 МВт стала первым генерирующим объектом, который работает на основе использования энергии ветра на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ).

По итогам первого полугодия 2018 года Ульяновская ВЭС-1 выработала 48,6 млн кВт*ч чистой энергии. Коэффициент использования установленной мощности составил 32 %. УВЭС-1 – в числе мировых лидеров по эффективности.

Ветряная электростанция – это несколько ВЭУ, собранных в одном или нескольких местах и объединенных в единую сеть. Ветровые турбины устанавливаются в районах с регулярным ветром.

Элементы башенной конструкции сделаны из низколегированной конструкционной стали марки S355J2. Аналогичный высокопрочный металл используют для производства опор

ЛЭП, мостов, нефтяных и газовых морских платформ. Производство башен для ВЭУ осуществляется в Таганроге (Ростовская область).

Однако самой сложной в производстве частью ветроустановок является лопасть. Она изготавливается из композитных материалов и представляет собой цельную 62-метровую конструкцию. Технологии создания лопасти во многом идентичны производству крыла самолета. В декабре 2018 года уникальное производство лопастей было открыто в Ульяновской области.

Принцип работы установки заключается в выработке электроэнергии путем преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию. При этом используется низкооборотный генератор с прямым приводом на постоянном магните, что оптимизирует эксплуатационный режим, снижает шум и повышает надежность ВЭУ в целом.

Мощность ветроустановки зависит от нескольких факторов: от скорости ветра, диаметра ветроколеса, плотности воздуха. А также от коэффициента использования энергии ветра, коэффициентов полезного действия редуктора и электрогенератора. Чем выше эти показатели, тем больше мощность ВЭУ.

ВЭС в г. Ульяновске обладает следующими характеристиками. Она насчитывает 14 ветротурбин, каждая из которых мощностью по 2,5 МВт. Высота башни – 88 м, высота оси турбины – 90 м, высота лопасти над землей – 144 м, длина лопасти турбины – 53,8 м, расстояние между турбинами – 60 м, площадь земли под ветропарком – 97 га.

При проектировании ветропарков всегда проводятся орнитологические наблюдения, изучаются маршруты миграции птиц в районе. Чтобы избежать столкновения птиц с ветроэнергетическими установками, каждая башня оборудована репеллентными устройствами, издающими звук для отпугивания пернатых, а каждая лопасть ветроколеса имеет полосы красного цвета, что делает ее более различимой на фоне ландшафта. Монтаж каждой ветроустановки в среднем составляет пять суток. Для сборки одновременно используются два подъемных крана. Электричество, создаваемое ВЭС, поступает на оптовый рынок электроэнергии и мощности. Затем наравне с энергией, полученной другими способами, обеспечивает ресурсом потребителей. Но в отличие от других источников энергия ветра возобновляется, а ее производство не приносит вреда экологии. Поэтому она играет важную роль в переходе к чистому энергетическому будущему.

Возросшее число ветроустановок одновременно вызвало контрдоводы от защитников окружающей среды. В связи с этим в ряде стран Западной Европы были проведены дополнительные биолого-экологические исследования по оценке влияния ветровых установок на окружающую среду. Результаты исследований показали, что парк ветровых установок для зоны пролёта птиц оказывает влияние как барьер, который приходится облетать на значительном расстоянии. Эта проблема особенно заметна вдоль береговой полосы Северного моря. Повреждение установок от пролетающих птиц может происходить только от крупных экземпляров. В то же время гибель самих птиц от ветровых установок по своим размерам значительно меньше, чем гибель птиц от транспортных средств и строительных конструкций. Полёт насекомых в большей части происходит на высоте от 0 до 30 м, на которой работают и ветровые установки. Поэтому этот фактор следует учитывать при выборе места строительства ветроустановок.

Следует учитывать воздействие на окружающую среду шума и электромагнитное влияние от ветровых установок. В интервале мощностей ветровых электростанций от 100 до 500 кВт возникает шумовой эффект в 94...104 дБ. Так как с увеличением мощности шумовой эффект возрастает, то в зависимости от звукового порога следует ограничивать и мощность агрегатов.

Большинство учёных и представителей экспертного сообщества сходятся во мнении, что объекты ветро- и солнечной энергетики вносят большой вклад в минимизацию антропогенного воздействия на климат и окружающую среду. Электроэнергия от объектов

ВИЭ замещает выработку традиционных электростанций, благодаря чему снижаются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Список литературы

1. Fortum [Электронный ресурс] – URL: <https://www.fortum.ru/vetryanaya-elektricheskaya-stanciya-v-ulyanovskoy-oblasti> (дата обращения: 20.03.2022). – Текст: электронный.
2. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие – Москва 2010. – 121 с.
3. Сухов Ф. И. Альтернативные источники энергии: учебное пособие / коллектив авторов; под ред. Ф. И. Сухова. – Москва: РУСАЙНС, 2020. – 95 с.

Features of the wind power plant in the Ulyanovsk region

* Bashmakov D. A., Malkovsky S. S., Pazushkina O. V.

*Ulyanovsk State Technical University
432027, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets st., 32*

Annotation: The article is devoted to the actual topic of wind power plants, which are directly related to renewable energy sources, namely wind energy. The device of the stations, their types, the principle of operation, the impact on the environment, etc. are described.

Keywords: renewable energy sources, wind, energy, power plants.

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_64

ГРНТИ 55.39.41

ВАК 05.04.03

Внедрение абсорбционной холодильной машины в цикл газотурбинных и парогазовых установок для повышения тепловой мощности

* Хусаинов А. И., Замалеев М. М.

*Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)
432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32*email: * easyforhusa69@mail.ru, mansur_zamaleev@mail.ru

Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5... +10 °С. Охлажденная в АБХМ до +5...+10 °С вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15...+20 °С. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %. Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлоутилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счёт потребления бросовых источников теплоты.

Ключевые слова: абсорбционные холодильные машины, газотурбинные установки, парогазовые установки, тепловая энергия.

Теория и методы исследования

На сегодняшний день наибольшее распространение получили три способа снижения температуры циклового воздуха: применение испарительных охладителей, мелкодисперсное распыление воздуха за фильтром и применение холодильных машин. Последний способ позволяет получить максимальную глубину охлаждения, в т.ч. ниже точки росы. Тип холодильных машин должен определяться на основе технико-экономического обоснования. Применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин для снижения температуры циклового воздуха мощных ГТУ, как правило, является оптимальным решением. Энергетическим ресурсом для их работы служит тепловая энергия (уходящие газы, паровые отборы турбин, горячая вода с пароводяных подогревателей), которая зачастую просто выбрасывается в атмосферу.

Абсорбционная холодильная машина (АБХМ) – пароконденсационная холодильная установка. В этой установке хладагент испаряется за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом. Процесс испарения происходит с поглощением теплоты. Затем пары хладагента за счет нагрева (внешним источником тепловой энергии) выделяются из абсорбента и поступают в конденсатор, где конденсируются.

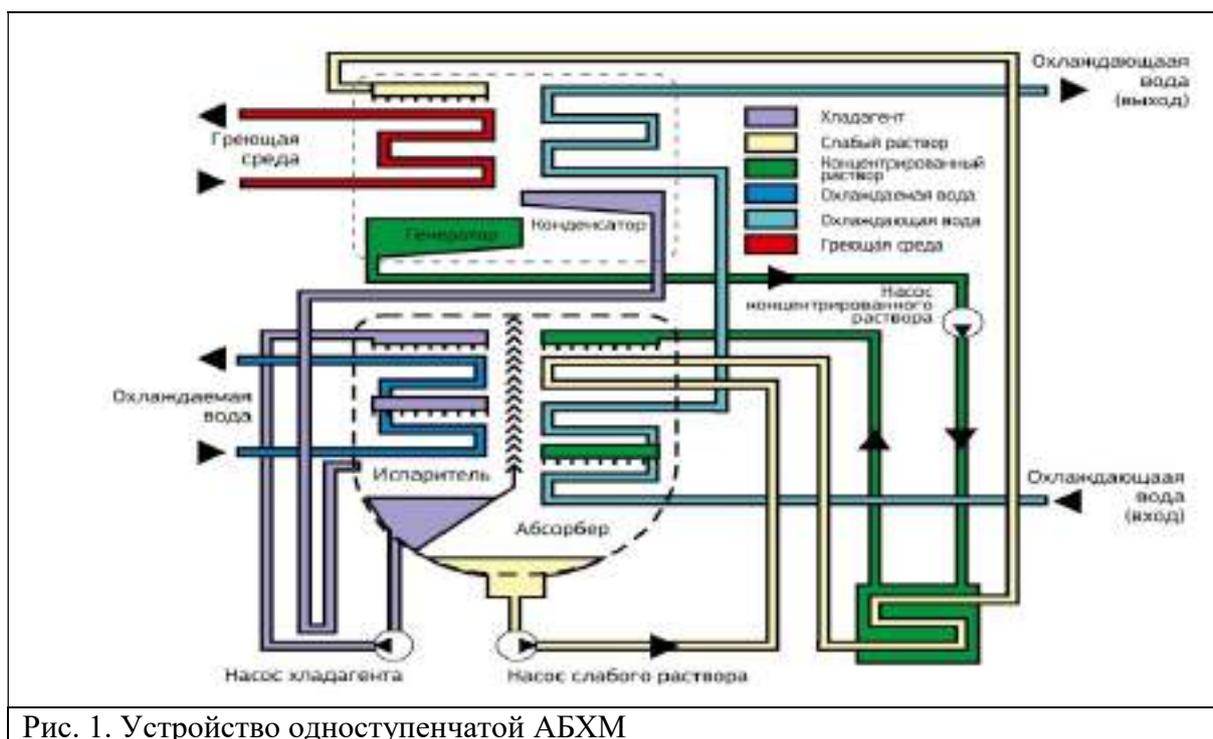
Существуют бромистолитиевые или аммиачные АБХМ. В бромистолитиевых АБХМ в качестве хладагента используется вода, а в качестве абсорбента – бромид лития LiBr. В

аммиачных АБХМ в качестве хладагента используется аммиак NH_3 , а в качестве абсорбента – вода. В настоящее время наибольшее распространение получили бромистолитиевые АБХМ [1].

Компонент системы, поглощаемый абсорбентом в процессе абсорбции, носит название абсорбат. Соответственно, абсорбент – жидкая фаза, поглощающая абсорбат в процессе абсорбции.

Принцип действия АБХМ основан на способности хладагента (воды) испаряться за счёт его поглощения (абсорбции) абсорбентом (бромидом лития). Процесс испарения – эндотермическая реакция – происходит в условиях вакуума с поглощением теплоты, подведённой к Испарителю с охлаждаемой водой (см. рис. 1). Концентрированный раствор абсорбента, подающийся в Абсорбер, поглощает пары воды, превращаясь в слабый (разбавленный) раствор. При последующем его нагреве (от внешнего источника тепловой энергии – греющей среды) в Генераторе пары воды выделяются из абсорбента, поступая в Конденсатор, где конденсируются, превращаясь в воду, которая, расширяясь, поступает в Испаритель, тем самым замыкая цикл. Изменение концентрации хладагента в Абсорбере и Генераторе сопровождается изменением температуры насыщения. Для снижения потерь энергии при циркуляции абсорбента между Абсорбером и Генератором устанавливается рекуперативный теплообменник.

Для обеспечения работы АБХМ необходимо присутствие еще одного контура – контура охлаждающей воды, предназначенного для отведения от АБХМ низкопотенциальной, «отработанной» тепловой энергии [2].



Все процессы в АБХМ протекают под вакуумом, что исключает попадание рабочего вещества и абсорбента во внешние теплоносители.

В описанной выше схеме охлаждаемая вода – это именно та среда, которую требуется охладить, а греющая среда – это внешний источник тепловой энергии, в качестве которого может использоваться пар (как низкопотенциальный, так и высокопотенциальный), вода различных параметров, горячие дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок, а также непосредственно теплота сгорания топлива в самом контуре АБХМ (АБХМ прямого нагрева) [3].

В зависимости от возможных источников тепла как раз и определяют главную линию классификации, которой придерживаются все современные производители АБХМ:

- АБХМ на горячей воде (hotwater-fredchiller), использующая в качестве источника тепла горячую воду (от 75 °С и выше);
- АБХМ на паре (steam-fredchiller), использующая в качестве источника тепла пар (75...200 °С.);
- АБХМ на выхлопных газах (exhaust-fredchiller), использующая в качестве источника тепла дымовые газы котлов, печей или выхлопные газы генераторных установок (250...600 °С.);
- АБХМ прямого нагрева (direct-fredchiller), использующая в качестве источника тепла топливо (природный газ, мазут, дизельное топливо).

Полученные результаты и их обсуждение

При эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ) в штатных условиях содержание воздуха в составе газозвушной смеси достигает 98 %. В теплый период года теплофизические свойства воздуха меняются, повышение температуры и снижение плотности воздуха приводит к снижению электрической мощности газотурбинных установок (ГТУ), увеличению удельного расхода топлива. График изменения электрической мощности газовой турбины в зависимости от температуры подводимого воздуха приведен на рис. 2. Так, при снижении температуры подаваемого в ГТУ воздуха с 40 °С до 15 °С повышение электрической мощности ГТУ достигает 30 %.

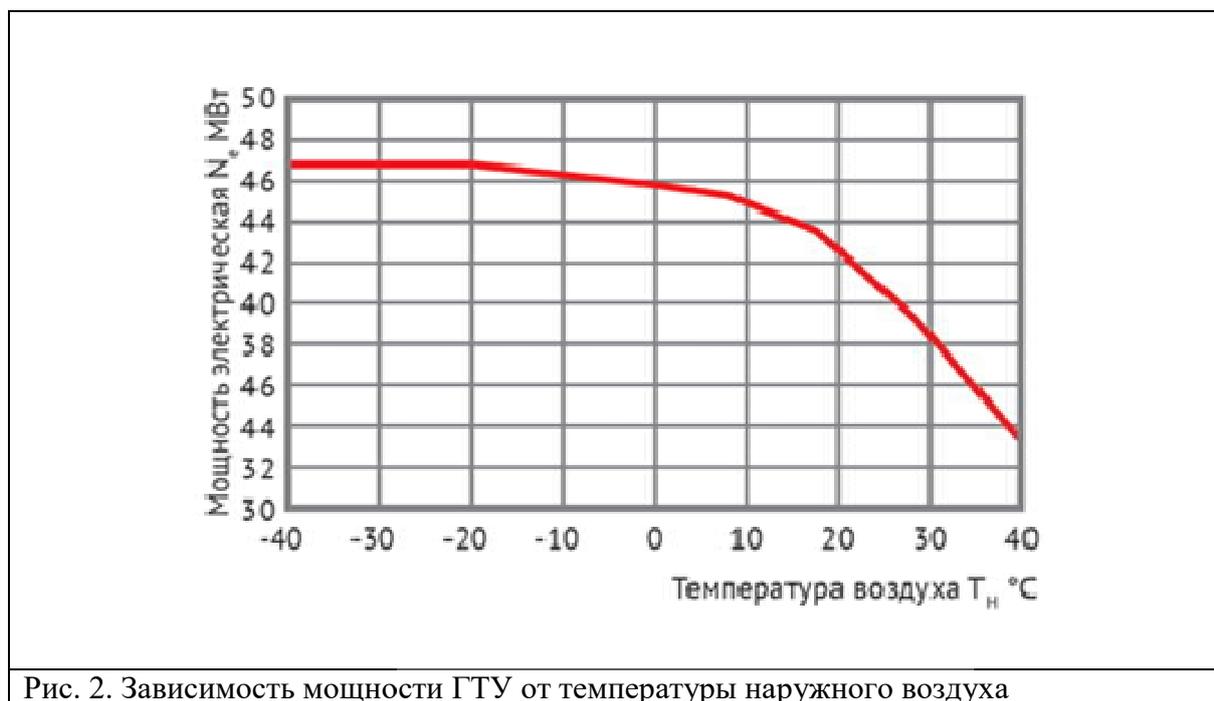


Рис. 2. Зависимость мощности ГТУ от температуры наружного воздуха

Для решения проблемы снижения электрической мощности ГТУ, при повышенных температурах наружного воздуха, на линии циклового воздуха перед компрессором ГТУ предлагается установить поверхностный теплообменник, охлаждающей средой в котором является вода после АБХМ с температурой +5... +10 °С. Охлажденная в АБХМ до +5...+10 °С вода позволит остудить цикловой воздух на входе в ГТУ до +15...+20 °С. Предложенное решение актуально для южных регионов нашей страны и позволяет увеличить электрическую мощность ГТУ до 30 %.

Основным преимуществом применения АБХМ для снижения температуры циклового воздуха ГТУ заключается в возможности использования как напрямую выхлопные газы ГТУ, так и горячую воду/пар из котлов-утилизаторов ПГУ. Таким образом, холод производится, в основном, за счет потребления бросовых источников теплоты.

Также благодаря возможности АБХМ охлаждать жидкость до 0 °С, можно получать охлажденный воздух более низкой температуры, что позволяет получать эффект большее число часов в году.

Таким образом, организация охлаждения циклового воздуха перед газовой турбиной позволяет снизить негативные факторы, связанные со снижением электрической мощности газотурбинных и парогазовых установок (ПГУ).

Список литературы

1. Бараненко А. В. Холодильные машины / Бараненко А. В., Бухарин Н. Н., Пекарев В. И., Тимофеевский Л. С.; Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского // — СПб.: Политехника, 2006 г. — 133 с.
2. Романюк В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения ее энергетической эффективности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич и др. // Энергия и Менеджмент. — 2013. — № 1 (70). — С. 14–19.
3. Шилкин Н. В. Абсорбционные холодильные машины // АВОК. 2008. № 1.— С. 41–46.

Implementation of an absorption refrigeration machine in the cycle of gas turbine and combined cycle plants to increase thermal power

* Khusainov A. I., Zamaleev M. M.

*Ulyanovsk State Technical University (UlSTU)
432027, Russia, Ulyanovsk, st. Northern Crown, 32*

To solve the problem of reducing the electrical power of the gas turbine at elevated outdoor temperatures, it is proposed to install a surface heat exchanger in the cycle air line before the compressor of the gas turbine, the cooling medium in which is water after ABCM with a temperature of +5...+10 °С. The water cooled in ABKhM to +5...+10 °С will allow cooling the cycle air at the entrance to the gas turbine unit to +15...+20 °С. The proposed solution is relevant for the southern regions of our country and allows you to increase the electric power of the gas turbine up to 30 %. The main advantage of using ABKhM to reduce the temperature of the gas turbine cycle air is the possibility of using both directly the exhaust gases of the gas turbine and hot water/steam from the waste heat boilers of the CCGT. Thus, cold is produced mainly due to the consumption of waste heat sources.

Keywords: absorption refrigeration machines, gas turbine plants, combined cycle plants, thermal energy.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК. ФИНАНСОВАЯ НАУКА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_68

УДК 336.743.3

ГРНТИ 06.51.87

ВАК 08.00.10

Использование юаня как мировой валюты в России: возможности и риски

Лухуташвили Э. Г.

*Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
117997, Россия, г. Москва, ул. Стремянный пер., 36*email: teekamel@mail.ru

В современное время юань, являющаяся денежной валютой одной из самых быстро развивающихся торговых стран, представляет особый интерес для России. Сейчас активно ведутся дискуссии на тему возможностей применения Россией юаня в качестве средства платежа и расчета во внешнеэкономической деятельности. Прежде всего, толчком к развитию данной позиции послужили экономические санкции, введенные иностранными государствами в отношении российского государства и ограничивающими возможности рубля. В этой связи возникает проблема поиска альтернатив западным валютам, и здесь юань, как возможное решение данной задачи, привлекает большое внимание. В данной статье анализируются возможные риски применения китайской валюты и оценивается её надёжность в текущий момент. Для решения поставленных задач проводится анализ основных аспектов, имеющих влияние на валюту, и на основе его результатов выявляются преимущества и возможности, связанные с применением юаня. На базе этих данных формируется вывод об использовании китайской валюты Россией в нынешних условиях и приводятся меры, необходимые для её дальнейшего развития.

Ключевые слова: экономические санкции, курс валюты, покупка/продажа юань, банковский счет, финансовые операции.

Юань как мировая валюта – факторы и возможности

Юань – китайская денежная единица, являющаяся второй по обороту в финансировании международной торговли. Благодаря быстро развивающейся торговой системе Китая, его стремительному развитию как нового финансового центра, в 2016 году юань стал одной из резервных валют мира, значительно укрепив свои позиции на рынке.

Сегодня данная валюта представляет особый интерес в России. В конце февраля в связи с напряженной геополитической ситуацией в мире многие государства ввели санкции в отношении России, которые напрямую оказали влияние на экономическую стабильность в стране. Среди подобных ограничений можно выделить следующие [1]:

1. Отключение ряда российских государственных банков от международной системы SWIFT, что повлекло за собой осложнения в финансовых операциях между банками, физическими и юридическими лицами.

2. Прекращение работы международных карт таких как – MasterCard, Visa – на территории страны.

3. Остановка работы Western Union на территории страны.

4. Запрет на ввоз в страну иностранных валют (доллар, евро).
5. Запрет на покупку, снятие и вывоз за границу иностранных валют.
6. Приостановка и полное прекращение инвестиций в проекты России.

В совокупности данные и другие меры полностью ограничили возможность российских граждан и инвесторов использовать доллар и евро в качестве денежных единиц в финансовых операциях. В свою очередь, эти факторы вызвали необходимость в поиске альтернатив привычным ранее для использования мировым валютам. Заинтересованность российской стороны в возможностях юаня как средства платежа и расчёта значительно возросла.

В этой связи возникает логичный вопрос о надёжности китайской валюты для её использования в современное время и её возможностях. Какие преимущества и риски несёт в себе юань? Для того, чтобы ответить на данные вопросы проанализируем определённые аспекты, которые имеют воздействие на данную валюту, а также оценим её возможности использования в нынешних условиях.

Критериальный анализ юаня как мировой валюты в России

Курс юаня по отношению к другим валютам.

Прежде всего, рассмотрим динамику курса юаня по отношению к другим валютам в течение пять лет (с 2018 года по настоящее время) и сделаем вывод об устойчивости валюты и рисках, связанных с инвестированием в неё.

На протяжении анализируемого периода времени прослеживается стабильная динамика роста курса юаня по отношению к рублю (рис. 1). В течение последних лет до 2020 года валюта неуклонно росла с минимальными колебаниями. Мировая эпидемиологическая ситуация негативно повлияла на валютные системы всех стран, вызвав заметный спад в динамике – курс юаня сократился на 1,21 рубль по отношению к аналогичному периоду в 2019 году. Однако уже в 2021 году валюта восстановила свои позиции и сделала скачок в 2,41 рубля по отношению к прошлому году. В начале 2022 года наблюдается значительный рост юаня, вызванный, прежде всего, мировыми геополитическими событиями, начавшимися в конце февраля текущего года. На данном фоне заметно резкое падение рубля на мировой арене, вследствие чего укрепляются позиции иных валют по отношению к российской валюте – в данном случае позиции юаня.

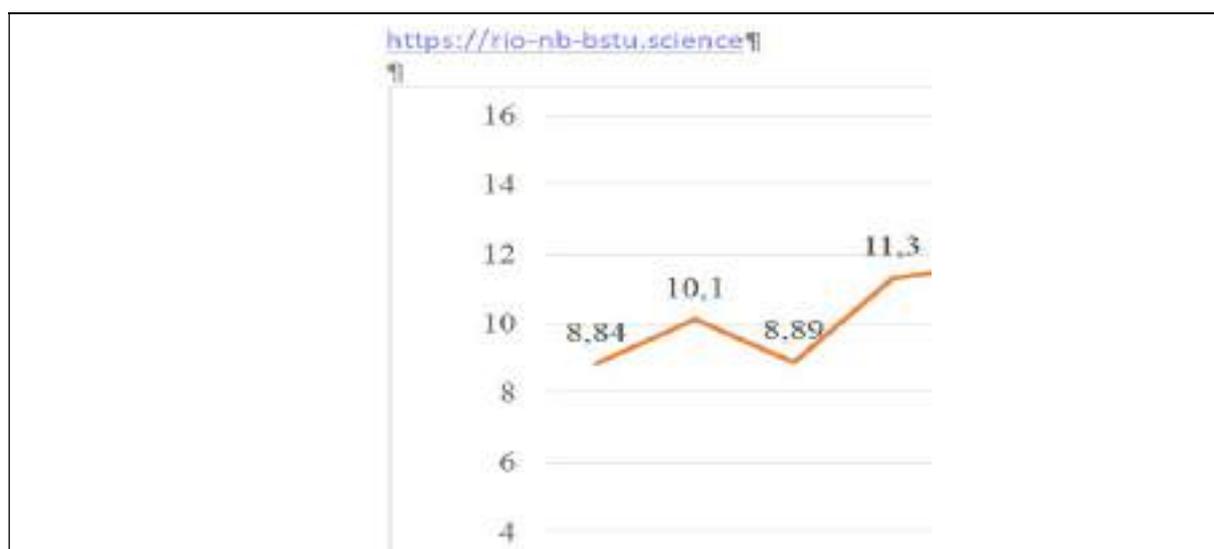


Рис. 1. Динамика курса одного юаня по отношению к рублю 2018–2022 г., руб [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Курс юаня по отношению к доллару также, как и по отношению к рублю, в последние годы постепенно рос (рис. 2). Наиболее заметно резкое падение юаня в период с 2018 по 2019 год в связи с взаимными ограничениями Китая и США в сфере торговли, вызванными сильным соперничеством за экономическое лидерство на мировой арене.

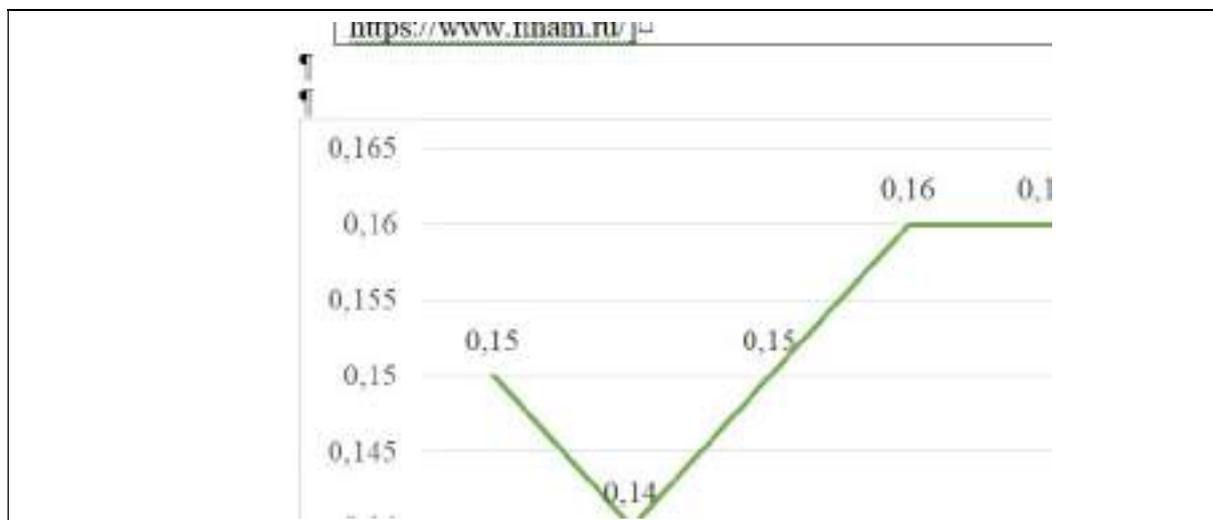


Рис. 2. Динамика курса одного юаня по отношению к доллару 2018–2022 г., дол [3]

Однако ситуация улучшилась в 2020 году и курс юаня стремительно вырос за последние три года – показатели улучшились на 0,02 доллара по отношению к 2019 году. Возможной причиной данного улучшения можно считать стремительное восстановление экономики страны после эпидемии коронавируса, что дало Китаю дополнительное преимущество и укрепило его денежную валюту. Начиная с 2021 года, Китай стабильно поддерживает курс валюты на уровне 0,16 долларов за одну китайскую денежную единицу.

По отношению к евро юань сохраняет стабильную тенденцию, поднявшись всего лишь на 0,01 евро в период с 2020 года по 2021 год, ввиду эпидемии и падения на этом фоне иностранных валют (рис. 3). Начиная с 2021 года, юань стабильно держится на уровне 0,14 евро за одну денежную единицу.



Рис 3. Динамика курса одного юаня по отношению к евро 2018–2022 г., евро [3]

Таким образом, на основе анализа динамики китайской валюты по отношению к рублю, доллару и евро можно сделать вывод об относительной устойчивости юаня по отношению к другим валютам. Но, несмотря на это, стоит обратить внимание на то, что курс рубля к юаню

в настоящее время остается крайне нестабильным ввиду ее ослабления на международном валютном рынке.

Доступность юаня для покупки и продажи в России.

Легко ли сегодня купить или продать юань? Это другой вопрос, на который следует обратить внимание. Рассмотрим его детальней.

Сегодня юань можно приобрести только в безналичной форме в банке, обменном пункте или же на бирже. В банке юань можно купить посредством открытия банковского счёта в этой же валюте. После открытия счёта его можно пополнять наличными или же переводом в рублях. Несмотря на то, что в России приняли китайскую валюту на вклад под 8 % годовых, надо учитывать, что в банках курс юаня для покупки невыгодный – около 14 рублей за 1 у. е [4]. Таким образом, покупка юаня обойдется дорого, а продажа - наоборот дешево, что ведет лишь к убыткам. Также следует обратить внимание на то, что до сентября текущего года валюту в обычных банках приобрести не представляется возможным в связи с временными ограничениями, а следовательно, нужно искать специальные отделения, где данная операция будет доступна, что также затрудняет процесс получения валюты в стране.

Чуть лучше обстоит дело в онлайн-банках, где есть возможность открыть карту в юанях и конвертировать рубли в юани. Эту операцию можно осуществить, например, в таких банках как: Сбербанк, ВТБ, Тинькофф, БКС Банк и другие [5]. Для того, чтобы купить юань необходимо привязать к рублевой карте карту в другой валюте (в данном случае в юань) и выбрать нужную валюту как валюту карты. Далее предоставляется возможность пополнения счета в юанях. Преимуществами приобретения китайской валюты в онлайн-банках являются более выгодный курс, удобство и возможность конвертации денег в национальную валюту и её использования при оплате услуг, что особенно помогает в путешествиях.

Юань выгодней всего покупать на бирже, где покупка происходит по биржевому курсу и где на юань не распространяется комиссия ЦБ в 12% в отличие от долларов США и евро [6]. Для банков биржевой курс является основой, где они могут добавить сверху пару рублей минимум. На данный момент купить валюту от 1 у.е. можно у Тинькофф, остальные брокеры предлагают покупку от 1000 у.е.

Таким образом, можно отметить, что на сегодняшний день процесс приобретения китайской валюты довольно сложный и труднодоступный, да и зачастую идет в убыток потребителям и представляется сомнительным ввиду нераспространенности данной валюты в стране и ограниченного числа банков, имеющими в отношении него дело.

Использование юаня в бытовой жизни.

Говоря об использовании юаня в бытовой жизни, можно выделить операции, связанные с использованием юаня как инструмента для сбережений и инвестиций, а также расчетной единицы в туристических поездках. Преимуществами использования валюты в этих целях являются [6]:

1. Свершение торговых и финансовых операций с Китаем как основным партнером. Так как со стороны Китая не были введены санкционные меры, то все операции предоставляется доступными в прежнем режиме.
2. Сотрудничество Системы передачи финансовых сообщений (российский аналог SWIFT) с китайскими банками. То есть возможны переводы валют между участниками финансового рынка.
3. Возможность использования юаня как денежной единицы для совершения сделок на бирже между финансовыми участниками.
4. Использование карт китайской платежной системы UnionPay, поддерживающих работу за границей. Однако сейчас многие государства перестают принимать данные карты, что лишает многих туристов возможности совершать операции, связанные с переводом валют.
5. Хранение средств в валюте и возможность её конвертирования в иностранные валюты (доллар/евро).

Заключение

Подводя итоги, можно отметить, что юань как международная валюта сама по себе довольно стабильна и надежна на мировом рынке. Однако её использование Россией подвергается сомнениям. Несмотря на появившийся ажиотаж вокруг юаня и её возможностей, до сих пор остаются неопределёнными многие моменты по поводу её реальной системы использования. Это обусловлено, во-первых, нестабильным курсом рубля к юаню на данный момент, что влияет на возможности её покупки; во-вторых, ограниченностью финансовых структур и посредников, которые способны беспрепятственно осуществлять полный функционал китайской валюты в финансовых операциях; в-третьих, как следствие предыдущего пункта – ограниченностью способов применения юаня в бытовой жизни. На этом же фоне возникают и серьёзные риски для инвестирования в юань, объясняющиеся убыточностью от совершения операций купли-продажи данной валюты. Таким образом, можно утверждать, что хотя на данном этапе китайская валюта и имеет большой спрос у российской стороны, но для полной реализации её потенциала требуется время, а также формирование сглаженного механизма взаимодействия с юанем.

Список литературы

1. РБК: Официальный сайт // РБК [Электронный ресурс] URL: https://www.rbc.ru/?utm_source=amp_logo
2. Центральный банк Российской Федерации: Официальный сайт // Центральный банк Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cbr.ru/>
3. Финам: Официальный сайт // Финам. [Электронный ресурс] URL: <https://www.finam.ru/>
4. Спасут ли юани сбережения от инфляции? // Банки. ру. [Электронный ресурс] URL: <https://www.banki.ru/news/daytheme/?id=10963547>
5. Китайское оружие инвесторов // Коммерсант. ру. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5250569>
6. В условиях санкций юань может укрепить свои позиции. Разбираем, стоит ли в него вкладываться // Банки Сегодня. [Электронный ресурс] URL: <https://bankstoday.net/last-articles/v-usloviyah-sanktsij-yuan-mozhet-ukrepit-svoi-pozitsii-razbiraem-stoit-li-v-nego-vkladyvatsya>

The use of the yuan as a world currency in Russia: opportunities and risks

Lukhutashvili E. G.

*Russian Economic University named after G. V. Plekhanov
117997, Russia, Moscow, st. Stremyanny per., 36*

Nowadays, the yuan, the monetary currency of China, has grabbed a great interest in Russia. Today many discussions of the current possibilities of using Chinese currency as a mean of payment and settlement are held. A main cause of such conversations was a huge number of economic sanctions imposed against Russia. As a consequence, it has strongly influenced the ruble's possibilities in terms of international partnership in financial field. World main currencies were blocked in Russia. The country has faced a problem of searching alternatives to foreign currencies and the yuan has seemed a perfect solution in this case. However, everything has its own specific features and the Chinese currency is not an exclusion. In the article we analyze some possible risks of using the yuan, assess the stability of the exchange rate of the currency in the foreign exchange market and

make analysis on a core aspects influencing the currency. On the basis of the analytical results we are trying to find out the possibilities of using the yuan and its benefits. As a result, we form a conclusion about the use of the yuan these days and suggest some measures to help to make this process more effective.

Keywords: economic sanctions, currency exchange rate, buying/selling yuan, bank account, financial transactions.

ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПЕДАГОГИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_74

УДК 378.14

ГРНТИ 14.35.07, 14.35.09

ВАК 13.00.02

К вопросу о качестве профессиональной подготовки современного специалиста с высшим техническим образованием

Полякова Л. С.

*НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе 75*email: polyakova-l-s@nb-bstu.ru

В статье представлены результаты исследования проблемы качества подготовки специалиста с высшим техническим образованием. Требования к профессиональной подготовке выпускника высшей технической школы меняются с изменением социально-экономических условий развития российского общества. И XXI век снова внес свои коррективы, одновременно предоставив и новые возможности вузам привести качество образования в соответствие с требованиями потребителя (производства). Основные требования к современному выпускнику высшей технической школы – это его конкурентоспособность, а также сформированность у него интеллигентности, что свидетельствует о повышении требований к общекультурной подготовке. Таким образом, требования XXI века можно сформулировать следующим образом: интеллигент, способный выдержать жесткую рыночную конкуренцию. С введением компетентностного подхода в системе высшего профессионального образования у вузов появилась и новая реальная возможность привести качество образования в соответствие с требованиями потребителя. Сегодня в Федеральных государственных образовательных стандартах требования к конечному результату обучения студента в вузе сформулированы в виде перечня компетенций, сформированность которых выражается в готовности выпускника к профессиональной деятельности, что, в свою очередь, обеспечивает ему в дальнейшем успешность в его становлении как профессионала.

Ключевые слова: качество профессиональной подготовки современного специалиста; конкурентоспособность; интеллигентность; компетентностный подход; готовность выпускника вуза к профессиональной деятельности.

В течение многих лет вопрос о том, насколько «продукция» системы высшего образования соответствует потребностям общества в специалистах, продолжает оставаться актуальным. Как показал анализ научной психолого-педагогической литературы, посвященной качеству подготовки специалистов, требования к качеству подготовки выпускника высшей технической школы меняются с изменением социально-экономических условий развития общества. Исследователи отмечают, что высшая техническая школа предреволюционной России начала XX века характеризовалась сочетанием хорошей профессиональной и гуманитарной подготовки. Перед высшей школой ставилась задача подготовки не узких специалистов, а интеллигентов в традиционном для России смысле, как образованных, нравственно развитых людей, хотя термины «специалист» и «интеллигент» употреблялись как синонимы. Однако в послереволюционной России был взят курс на узкую

специализацию высшей технической школы, который до сих пор имеет своих приверженцев. Понятие «специалист» трактовалось следующим образом – это компетентный работник, обладающий необходимыми для данной квалификации знаниями, умениями и навыками. Высшее техническое образование подверглось такому «упрощению», что выпускники имеют весьма скудные познания в области гуманитарных наук (психологии, теории управления), имеющих самое прямое отношение к их профессиональной деятельности. Это ведет к потере качества и престижа инженерного образования [2].

В конце прошлого столетия появились исследования, посвященные анализу деятельности специалистов с высшим техническим образованием и была предложена модель специалиста, построенная на основе анализа его профессиональной деятельности, включающая не только знания, умения и навыки, но и личностные профессионально важные качества [3]. Результатом этих исследований явились требования общества 90-х годов XX века к качеству подготовки специалиста с высшим техническим образованием, которые выражались в необходимости подготовки вузами «профессионала». Профессионал – это социально и профессионально компетентный работник с хорошо выраженными профессионально важными качествами и отличающийся индивидуальным стилем деятельности. Из этих требований следует, что вуз должен ориентироваться на формирование личности адекватной содержанию профессиональной деятельности.

Начало XXI века характеризуется новыми условиями и формами жизни: жесткая рыночная конкуренция; накопление нового опыта общения и общежития в процессе демократизации общества. В условиях социально-политического реформирования изменилась социально-экономическая ситуация российского общества. Все это не могло не повлиять на требования к качеству подготовки выпускника высшей технической школы. Анализ работ, посвященные формированию специалиста XXI века с высшим техническим образованием, показал, что главное требование к современному выпускнику высшей технической школы – это его конкурентоспособность. Перед высшей школой встала задача формирования «нового человека», теперь уже человека, способного жить и успешно работать в условиях жесткой конкуренции. Следующее требование к современному специалисту с высшим техническим образованием заключается в сформированности у него интеллигентности, что свидетельствует о повышении требований к общекультурной подготовке специалиста с высшим техническим образованием, так как понятия «интеллигент» и «культурный человек» неразделимы. Таким образом, основные требования XXI века к качеству подготовки современного специалиста с высшим техническим образованием можно сформулировать следующим образом: специалист «нового типа» – это интеллигент, способный выдержать жесткую рыночную конкуренцию [2; 4].

Изучение научной и публицистической литературы по различным аспектам темы интеллигентности показало отсутствие единства мнений по определению понятия «интеллигентность», существует более 300 определений этого феномена. Однако, можно выделить три основных подхода к определению понятия «интеллигентность»: социологический, рассматривающий интеллигентность как группу людей с высшим образованием, выполняющих функции умственного труда; социально-этический, для которого определяющим становится сумма личностных качеств и культурологический, включающий в интеллигентность всех людей, занимающихся созданием и сохранением ценностей культуры.

По мнению А. В. Петровского, высшее образование не может служить критерием интеллигентности, а также, каким бы обширным ни получился перечень позитивных личностных черт, его нельзя расценить как исчерпывающий и конечный. С этим невозможно не согласиться. Остановившись на культурологическом подходе к определению понятия «интеллигентность» и, исходя из двух главных требований нашего времени к специалисту с высшим техническим образованием, можно предложить следующее суждение: современный специалист с высшим техническим образованием – это специалист, способный выдержать жесткую рыночную конкуренцию, занимающийся созданием, сохранением и

распространением элементов профессиональной культуры [2]. Но что же обеспечит ему эту конкурентоспособность? Помочь выпускнику технического вуза выдержать жесткую рыночную конкуренцию должна сформированность у него готовности ко всем видам профессиональной деятельности. Так, в частности, психологическая компетентность специалиста с высшим техническим образованием способствует повышению его конкурентоспособности. Чем можно обосновать эту гипотезу? Специалист с высшим техническим образованием может заниматься различными видами инженерной деятельности: проектно-конструкторской, производственно-технической, научно-исследовательской, организационно-управленческой и т. д. Но каким бы видом деятельности не занимался инженер, он руководитель, следовательно, все виды его инженерной деятельности требуют от него умения работать с людьми. Именно в умении работать с людьми и проявляется культура управления руководителя. Грамотное управление людьми, установление позитивных межличностных отношений – залог успеха в осуществлении профессиональной деятельности специалиста с высшим техническим образованием.

Как показывает практика и результаты проводимых на протяжении многих лет исследований по проблеме качества подготовки специалиста с высшим техническим образованием, постоянно вскрывается рассогласованность между заказчиком (производство) и исполнителем (вуз) в требованиях к конечному результату обучения. У вузов подход «знаниевый»: выпускник должен обладать определёнными знаниями, умениями, навыками, необходимыми для профессиональной деятельности. И вуз с этой задачей справляется. Но отсутствие межпредметных связей делало их разрозненными и не формировало главного – готовности выпускника к профессиональной деятельности, отсутствие которой заметно в начале профессиональной деятельности выпускника вуза и вызывает претензии потребителя к качеству подготовки выпускника [2; 4].

С введением компетентностного подхода в системе высшего профессионального образования появилась возможность снять это несоответствие, так как сегодня в Федеральных государственных образовательных стандартах требования к конечному результату обучения студента в вузе сформулированы в виде перечня компетенций, которые должны быть сформированы у выпускника. Большинство ученых-педагогов признают, что компетенция – выражается в готовности к осуществлению деятельности в конкретных профессиональных ситуациях [1]. С появлением стандартов третьего поколения у вузов появилась реальная возможность качество образования привести в соответствие с требованиями производства, так как подход к качеству конечного результата обучения студентов в вузе стал таким же, как и у потребителей.

Список литературы

1. Компетентностный подход в высшем образовании : Хрестоматия-путеводитель. / Автор-сост.: А. В. Коваленко [Под науч. ред. проф. М. Г. Минина]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 117 с.
2. Пинигина Г. В. Психолого-педагогическая подготовка специалиста с высшим техническим образованием как социально-педагогическая проблема : монография / Г. В. Пинигина, Л. С. Полякова ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2009. – 86 с.
3. Смирнова Е. Э. Моделирование деятельности специалиста на основе комплексного исследования /Е. Э. Смирнова. – Л. : ЛГУ, 1984. – 177 с.
4. Pinigina G. V., Kondrina I. V., Polyakova L. S. Recommendations for diagnostics formedness readiness graduate of technical high school to professional activities / G. V. Pinigina, I. V. Kondrina, Polyakova L. S. // Applied and Fundamental Studies : Proceedings of the 4th International Academic Conference. Vol. 1. November 29 – 30, 2013, St. Louis, Missouri, USA : Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2013. pp. 127 – 130.

**To the question of the quality of professional training
of a modern specialist with a higher technical education**

Polyakova L. S.

*Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University
353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

The article presents the results of a study of the problem of the quality of training a specialist with a higher technical education. The requirements for the professional training of a graduate of a higher technical school change with the change in the socio-economic conditions for the development of Russian society. And the 21st century has again made its own adjustments, at the same time providing new opportunities for universities to bring the quality of education in line with the requirements of the consumer (production). The main requirements for a modern graduate of a higher technical school are his competitiveness, as well as the formation of his intelligentness, which indicates an increase in the requirements for general cultural training. Thus, the requirements of the 21st century can be formulated as follows: an intelligent capable of withstanding fierce market competition. With the introduction of a competency-based approach in the system of higher professional education, universities have a new real opportunity to bring the quality of education in line with the requirements of the consumer.

Today, in the Federal State Educational Standards, the requirements for the final result of a student's education at a university are formulated in the form of a list of competencies, the formation of which is expressed in the graduate's readiness for professional activity, which, in turn, ensures his future success in his development as a professional.

Keywords: the quality of professional training of a modern specialist; competitiveness; intelligentness; competence approach; university graduate readiness for professional activity.

ИНФОРМАТИКА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_78

УДК 658.51.011.5:664.6

ГРНТИ 81.01.07

Система управления данными в птичнике

* Заргарян Е.В.

*Южный федеральный университет,
347928, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44*

email: * evzargaryan@sfedu.ru

Информатизация может значительно повысить эффективность производства и управления в процессе птицеводства. В этой статье была разработана система управления для сбора, передачи, хранения и управления информацией, а также загрузки данных в облачную базу данных для повышения гибкости и масштабируемости системы. На основе реализации функций управления производством система также включает в себя модуль офисного управления, таким образом формируя полную цепочку данных в производственной деятельности, чтобы проводить интеллектуальный анализ сельскохозяйственных данных и точную отслеживаемость на следующем этапе работы. В частности, в систему также добавлен модуль обнаружения болезней домашней птицы для достижения целей здорового земледелия. В исследовании представлен план управления информацией для модели интенсивного птицеводства на примере птицефабрике.

Ключевые слова: информатизация, управление данными, облачное хранилище, система управления

Введение

С развитием крупного и интенсивного птицеводства в птицеводстве стали применяться более интеллектуальные и автоматизированные технологии и методы, такие как технология радиочастотной идентификации, технологии Интернета вещей (IoT) и облачные технологии. В то же время существуют такие методы, как обнаружение болезней птицы, мониторинг рациона птицы, мониторинг окружающей среды в птичниках, отслеживание продуктов, а также обнаружение аномалий в птичниках для достижения точного земледелия. Ю Лиген и соавт. разработала сетевую систему сбора данных с использованием программного обеспечения LabVIEW для мониторинга окружающей среды в птицеводстве[1], в котором описывается построение аппаратного обеспечения системы сбора данных и процесс сбора данных. Метод также дает нам ссылку для создания модуля мониторинга окружающей среды. British Irvine изучила британскую производственно-сбытовую цепочку мяса бройлеров [2] и предоставил метод построения модуля прослеживаемости в системе управления птицеводством посредством его углубленного анализа цепочки создания стоимости. Исследования по применению беспроводных систем датчиков вместе с мобильными сетями и облачной платформой в некоторых сельскохозяйственных системах для выращивания сельскохозяйственных культур поддал нам новые идеи по разработке аналогичной информационной системы для птицеводства.

В последние годы все больше исследователей посвящают себя изучению точного птицеводства. Некоторые исследователи помогают фермерам контролировать и отслеживать состояние здоровья домашней птицы с помощью Интернета вещей, аналитики изображений и других технологий. Другие исследователи создают онлайн-платформы и используют интеллектуальные датчики для записи и управления производственной информацией в режиме реального времени. Хотя методы беспроводного зондирования и облачных платформ хорошо развиты, не существует полной системы, которая бы охватывала все функции для удовлетворения потребностей в управлении птицеводством. К техническим трудностям относятся унифицированная конструкция системы, разумное разделение функциональных модулей, хорошая взаимная кооперация между модулями, взаимодействие программного и аппаратного обеспечения, а также интеллектуализация системы [3-5].

В этой статье описывается концептуальный проект системы управления информацией птицеводства с облачной базой данных в качестве основного узла, посредством соединения базовых аппаратных средств в птичнике и системы управления высшего уровня, а также облачной базы данных для управления повседневной офисной работой и задачи управления производством птицеводческих предприятий. Кроме того, эта облачная система управления также уделяет больше внимания хранению и управлению информацией о данных, отделяя систему баз данных от системы программного обеспечения. Конечной целью системы управления информацией в птицеводстве является расширение разработки системы управления птицеводством с возможностью анализа больших данных.

Общая архитектура системы

На рис. 1 показана общая структура системы. Система разделена на три уровня: высшую систему управления, промежуточный уровень обслуживания данных (также известный как средний уровень) и нижележащий уровень (также известный как нижний уровень, включая оборудование в птичнике).



Рис. 1. Общая структура системы

Верхний уровень представляет собой систему управления программным обеспечением, обеспечивающую хороший визуальный интерфейс. Система управления разделена на модуль автоматизации делопроизводства, модуль управления производством, экспертную систему и модуль прослеживаемости. Что касается среднего уровня, облачная база данных используется для хранения данных и информации, генерируемых верхним и нижним уровнями, и в то же время для создания разумной сетевой среды для решения проблем взаимной связи путём настройки базового сервера. На нижнем уровне, в птичниках, датчики окружающей среды, устройства приема и передачи Wi-Fi и однокристальные микрокомпьютеры могут быть настроены для своевременного сбора и передачи информации об окружающей среде и индивидуальной информации о птице (включая информацию о весе птицы, потреблении корма). информация о данных, информация о питьевой воде, информация о качестве яиц домашней птицы и т. д.). Вентиляционные вентиляторы, испарительные охлаждающие панели, нагреватели и другое оборудование, размещённое в птичнике для регулирования параметров окружающей среды, таких как температура и влажность в птичнике.

Построение системной сети и метод передачи

Датчик информации о параметрах окружающей среды, включая датчик температуры и влажности, датчик аммиака, углекислый газ; датчик, датчик сероводорода, датчик освещенности и др.), мониторинг данных о потреблении корма; модуль мониторинга данных питьевой воды; модуль, видеонаблюдение; система, вентиляторы, испарительные охлаждающие панели, обогреватели, кормораздатчик и оборудование для уборки навоза в птичнике вместе образуют локальную сеть в птичнике. В этом разделе в основном представлены методы передачи информации, методы локальной передачи и конфигурация сетевых узлов в птичниках.

Передача данных между фабрикой и системой управления микроклиматом дома в первую очередь обеспечивается подходящей системой проводной связи, такой как полевая шина. Есть некоторые недостатки (например, настройка слишком большого количества конечных точек сети, правила назначения адресов устройств и другие проблемы) при развертывании полной беспроводной системы. Поэтому локальная сеть в здании использует беспроводную/проводную гибридную конструкцию. Как показано в таблице 1, среди трех широко используемых режимов беспроводной передачи (например, Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee) технология Wi-Fi; имеет самое большое расстояние передачи и самую высокую скорость передачи; поэтому технология Wi-Fi была выбрана в качестве способа беспроводной передачи данных в птичнике [6].

Таблица 1.

Сравнение трех распространенных методов беспроводной передачи (Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee) по четырем параметрам (диапазон частот, расстояние передачи, рассеиваемая мощность, скорость передачи)

Режим	Диапазон частот	Расстояние передачи	Мощность	Скорость
Bluetooth	2,4 ГГц	2-30 м	20 мА	1 Мбит/с
Wi-Fi	2,4 ГГц	100-300 м	10 - 50 мА	600 Мбит/с
ZigBee	2,4 ГГц	50—0,300 м	5 мА	100 Кбит/с

База данных

В системе используется сервис Oracle database, так как он имеет удобный интерфейс для работы и множество вспомогательных инструментов анализа. Он может генерировать файлы, связанные с базой данных, такие как диаграммы E-R (IP-диаграмма отношений сущностей) и каталог данных одним щелчком мыши, а также может генерировать тестовые данные, чтобы убедиться, что тест работает во время разработки базы данных. База данных использует реляционную базу данных, а версия базы данных — MySQL5.7. Являясь основным центром системы управления информацией о птицеводстве, облачная база данных должен выполнять анализ требований, концептуальный дизайн, проектирование логической структуры, построение модели ER, структуру таблицы проектирования и отношения между первичным и внешним ключом в процессе проектирования и построения.

Доступ к интранет-адресу системы может получить облачный сервер Oracle, преимущества которого заключаются в быстрой скорости считывания и удобной настройке. Доступ к внешнему сетевому адресу могут получить пользователи Интернета с правами доступа, а база данных может быть прочитана и записана. На этапе проектирования выбранная память базы данных составляет 1024 МБ, 1 ядро ЦП, емкость хранилища составляет 20 ГБ, а максимальное количество подключений – 2000. Фактическое тестирование разработки подтверждает, что эта конфигурация может удовлетворить потребности разработки.

Система управления

Система управления использует язык C++ в качестве основного инструмента разработки, последнюю платформу Qt5 в качестве библиотеки поддержки с открытым исходным кодом и QtCreator в качестве IDE (интегрированной среды разработки) для компиляции и разработки [7-9].

Разработана функциональная основа системы управления птицеводством. Вся система разделена на четыре функциональных модуля. Модуль управления производством в основном осуществляет мониторинг параметров окружающей среды в птичнике, мониторинг информации о росте отдельных птиц и управление производственными операциями в птичнике. Модуль управления офисом в основном выполняет бизнес-задачи, такие как управление персоналом, управление финансами и выставление счетов. Модуль экспертной системы сочетает в себе технологии искусственного интеллекта, такие как интеллектуальный анализ данных и машинное обучение, для реализации анализа индекса формы яйца; предоставить стандарты кормления, рекомендации по разведению, анализ смертности и другие функции, и реализовать диагностику болезней домашней птицы и систему раннего предупреждения на основе аудио- и видеоанализа домашней птицы. Модули функционально независимы, с возможностью обмена данными.

Структура беспроводной сенсорной сети

Нижний уровень системы в основном состоит из беспроводных сенсорных сетей, которые используются для управления терминальными узлами и загружаемой информации. Каждый терминальный узел использует AT-команды для автоматического поиска беспроводной сети по имени и присоединения к ней. После присоединения к сети он может самостоятельно получать IP-адрес устройства и адрес сервера ПЗ. Необходимо открыть режим прозрачной передачи с помощью AT-команды и используйте протокол передачи шин UDP для передачи информации о данных. В то же время, чтобы обобщать и пересылать информационные данные, загружаемые каждым терминальным узлом, сервер данных также должен быть настроен в сети беспроводных датчиков в птичнике.

Сеть беспроводных датчиков и различные типы интеллектуального оборудования могут решить проблему получения и передачи различных видов информации о выращивании (например, информации об окружающей среде, информации о весе птицы, информации о рационе птицы). В этом разделе в качестве примера в основном используется информация об окружающей среде, чтобы представить процесс реализации сбора и загрузки информации. В примере четыре блока датчиков информации об окружающей среде развернуты в сети беспроводных датчиков.

Сервер данных

Сервер данных должен быть настроен в сети беспроводных датчиков в птичнике для обработки и пересылки данных, полученных конечными узлами в сети. Поэтому для сервера в птичнике следует выбирать контроллер, который имеет процессор, операционную систему, беспроводную сетевую карту и может хранить программы. Учитывая суровые условия работы в птичнике, в этом исследовании был выбран промышленный персональный компьютер (IPC) с более сильными водонепроницаемыми, пыленепроницаемыми и помехозащищенными возможностями, чем у сервера данных.

В дополнение к атрибутам и характеристикам обычных компьютеров, он также обладает более сильной защитой от помех и длительной бесперебойной работой, которые подходят для использования в условиях птицеводства. В данной исследовательской работе в качестве сервера в птичнике выбран промышленный управляющий компьютер для обработки и загрузки данных, генерируемых терминальным узлом беспроводной сенсорной сети, а параметры производительности показаны в таблице 2.

Таблица 2

Параметры производительности ЭВМ промышленного управления

Устройство	Параметр	Производитель
ЦПУ	IntelCorei5-7440HQ с тактовой частотой 2,80 ГГц	Intel
ОЗУ	8 ГБ (DDR4 2666 МГц)	SAMSUNG
ОС	Windows 10 Профессиональная 64-разрядная версия	Microsoft
Жесткий диск	NT-128 (128 ГБ/SSD)	Kingspec
Сетевая карта	43224AG Адаптер Wi-Fi 802.11n	Broadcom Corporation

Чтобы реализовать обработку и выгрузку данных, генерируемых терминальным узлом, и в то же время реализовать управление и контроль сети беспроводных датчиков в птичнике, разработан и загружен на сервер набор серверных программ. в птичнике для достижения вышеуказанной цели.

Выводы

Выполненные исследования создают систему управления информацией о птицеводстве, которая охватывает функции управления информацией о производственной аквакультуре, корпоративном офисе, отслеживании продукции и обнаружении болезней птицы, а также реализуется унифицированная конструкция системы. Система разделена на четыре модуля в соответствии с ежедневными потребностями фермеров в управлении производством. Благодаря использованию интеллектуальных датчиков, построению беспроводной сенсорной

сети и использованию облачной базы данных для хранения данных реализуется хорошее взаимодействие между модулями, программным обеспечением и оборудованием. В то же время система хранит собранные данные в облаке, а облачная система управления информацией будет определять направление развития системы управления птицеводством.

Список литературы

1. Yu, L.; Teng, G.; Riskowski, G.L.; Xu, X.; Guo, W. Uncertainty analysis of a web-based data acquisition system for poultry management with sensor networks. *Eng. Agrícola* 2018, 38, 857–863.
2. Irvine, R.M. A conceptual study of value chain analysis as a tool for assessing a veterinary surveillance system for poultry in Great Britain. *Agric. Syst.* 2015, 135, 143–158.
3. Zargaryan E.V., Zargaryan Y.A., Dmitrieva I.A., Sakharova O.N. and Pushnina I.V.. Modeling design information systems with many criteria. *Information Technologies and Engineering – APITECH - 2020 // Journal of Physics: Conference Series.* 2020. Vol. 2085(3). P. 032057(1-7). doi:10.1088/1742-6596/1679/3/032057.
4. Пушнина И.В., Кипкеев И.И. Модель инкубатора, как многорежимный объект управления. В сборнике: Технологии разработки информационных систем ТРИС-2020. Материалы X Международной научно-технической конференции. "Технологии разработки информационных систем", 2020. С. 268-272.
5. Kasimov D., Zargaryan Y. Control and measuring devices for controlling the temperature regime of the cooking cabinet. *EUROPEAN AND NATIONAL DIMENSION IN RESEARCH. TECHNOLOGY = ЕВРОПЕЙСКИЙ И НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТЕКСТЫ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ТЕХНОЛОГИЯ* : Electronic collected materials of XIII Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 17–21, 2021 / Polotsk State University ; ed. Yu. Holubeu [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2021. – 1 CD-ROM. pp. 143-145.
6. Бордюгов А. Д., Заргарян Ю. А. Модель автоматизации мобильной тепличной системы. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Инженерно-техническое образование и наука» (г. Новороссийск, 21-22 апреля 2021 г.) / под общ. ред. к.ф.н. доцента И. В. Чистякова. – Новороссийск: Изд-во НФ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – 146 с, с.26-27.
7. Касимов Д.В., Заргарян Ю.А. Использование регулятора в системе управления влажностным режимом. Исследование принципов работы системы управления и сбора информации для сейсморазведки полезных ископаемых. Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении «КомТех-2021»: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием : в 2 т. / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. Т.2, стр 213-218
8. Соловьев В.В., Заргарян Е.В., Заргарян Ю.А., Белоглазов Д.А., Косенко Е.Ю. Проектирование и моделирование объемного гидропривода. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. – 97 с.
9. Аламир Х.С., Заргарян Е.В., Анализ возможностей интеллектуальных транспортных систем. Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика: сборник трудов X Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума (в рамках мероприятий, посвященных году Науки и технологий в Российской Федерации (Геленджик, 20–22 октября 2021 г.) ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – 579 с. с 204-208.

Data management system in the poultry house

Zargaryan E. V.

Southern Federal University

105/42 BolshayaSadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russia

The purpose of the study is to reveal the main measures to ensure the quality of human capital as a key direction of scientific and technological development of the country in the context of creating a digital economy and society. The article considers digitalization as the most important factor of global social development, affecting the economic efficiency of public production and the quality of life of the population. Today, the state's economy directly depends on the use of digital technologies and the development of a digital society. Specific Informatization can significantly improve the efficiency of production and management in the poultry farming process. In this article, a management system was developed for collecting, transmitting, storing and managing information, as well as uploading data to a cloud database to increase the flexibility and scalability of the system. Based on the implementation of production management functions, the system also includes an office management module, thus forming a complete data chain in production activities in order to conduct intelligent analysis of agricultural data and accurate traceability at the next stage of work. In particular, a module for detecting poultry diseases has also been added to the system to achieve the goals of healthy farming. The study presents an information management plan for a model of intensive poultry farming on the example of a poultry farm.

Keywords: informatization, data management, cloud storage, management system.

ИНФОРМАТИКА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_85

УДК 681.58

ГРНТИ 81.01.07

Использование миоэлектрических сигналов в протезировании

* Заргарян Ю.А.

*Южный федеральный университет,
347928, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44*

email: * yazargaryan@sfedu.ru

Миоэлектрические сигналы (МЭС) используются в различных приложениях, в частности, для идентификации намерений пользователя для потенциального управления вспомогательными устройствами для ампутантов, ортопедическими устройствами и экзоскелетами с целью расширения возможностей пользователя. МЭС также используются для оценки силы и, следовательно, крутящего момента для приведения в действие вспомогательного устройства. Применение МЭС не ограничивается вспомогательными устройствами, они также находят потенциальное применение в телеоперации роботов, тактильных устройствах, виртуальной реальности и так далее. Протез руки на основе миоэлектрического управления помогает восстановить повседневную жизнедеятельность людей с ампутированными конечностями, чтобы повысить самооценку пользователя. Все протезы рук на основе миоэлектрического управления могут не иметь схожих операций и демонстрировать различия в восприятии входного сигнала, расшифровке сигналов и приведении в действие протеза руки. Исследователи сосредоточены на улучшении функциональности протеза руки, чтобы удовлетворить требования пользователя с помощью различных рабочих функций. Миоэлектрическое управление отличается по принципу действия, чтобы учитывать различные внешние факторы. В этой статье рассматривается состояние дел в области миоэлектрических протезов руки, дается описание каждой стратегии управления.

Ключевые слова: информатизация, вспомогательное устройство, система управления, миоэлектрические сигналы

Введение

Сегодня развитие науки и техники привело к тому, что протезные устройства с многообещающими функциональными возможностями и эстетичным внешним видом находятся в исследовательской области в пользу коммерциализации. Разработка протеза руки является междисциплинарной, требующей знаний физиологии, анатомии, электротехники и электроники, механической конструкции, программного обеспечения и так далее, в зависимости от характера управления. Тем не менее, большинство исследований проводится в лаборатории, и проблема заключается в отсутствии интеграции с технологией из-за ее междисциплинарного характера и отсутствия средств. Существуют различные типы протезов рук - от протезов с питанием от тела до протезов на основе нейронного интерфейса, которые производятся и пытаются внедрить на рынке и в исследовательских целях. Выбор протеза руки основывается на требованиях пользователя [1–2].

Классификация протезов

В целом, протезные устройства могут работать от тела, пневматически или электрически. Устройства, работающие от тела, используют энергию мышц для управления кабелем через связь. Преимущества устройств с питанием от тела заключаются в том, что они имеют низкую стоимость и их ремонт обходится дешевле. Однако эти устройства не являются - косметически привлекательными, и некоторым пользователям трудно управлять ими с помощью энергии тела. Протезы с электрическим питанием, работающие от аккумулятора, нравятся большинству пользователей благодаря своему косметическому виду. Однако эти устройства стоят дорого и являются тяжелыми и дорогими в ремонте. Тем не менее, произошел значительный прорыв в работе протезов с электрическим питанием. Эти устройства с внешним питанием могут работать от давления, выключателя, тензодатчика, миоэлектрических сигналов (МЭС) и сигналов электроэнцефалограммы. Существует возможность применения гибридной стратегии управления для улучшения работы устройств. Независимо от работы устройств, как правило, протезы рук имеют механическую конструкцию крючков, искусственных рук, а также особый тип терминальных устройств, в зависимости от специфики деятельности пользователя.

Крючки - это устройства, обладающие хорошей прочностью, не требующие особого ухода, имеющие небольшой вес и хорошую способность к захвату. Крючки изготавливаются из таких металлов, как алюминий, нержавеющей сталь и титан. Алюминий имеет меньший вес и меньшую прочность, а нержавеющая сталь имеет больший вес и прочность. Титановые крючки обладают хорошей прочностью при меньшем весе. Но крючки не являются косметически привлекательными. Они используются для управления телом. Прехенсоры находятся между крючками и искусственными руками. Прехенсоры доступны на рынке с обратной связью и без нее. Как и крючки, прехенсоры не имеют косметического вида и работают от тела. Специальные типы терминальных устройств, созданные в соответствии с интересами пользователя в рекреационной или спортивной деятельности, такой как игра в гольф, восхождение на гору и т.д., также приводятся в действие телом.

Искусственные руки косметически привлекательны, но функционально уступают крючкам и прехенсорам. Эти искусственные руки могут управляться с помощью МЭС, отражая намерения пользователя. В настоящее время предпринимаются попытки управления рукой посредством восстановления функции нервов руки с помощью целевой реиннервации мышц (ЦРМ) для приведения руки в действие и через нейронный интерфейс. Современное состояние техники заключается в управлении протезом руки с помощью МЭС с различными схемами управления для интерпретации мышечных сигналов [3-5].

На рисунке 1 показаны коммерчески доступные протезы руки с питанием от тела иммиоэлектрический протез руки.

Также предпринимаются попытки контролировать суставы пальцев для улучшения ловкости рук. Была разработана рука с артикуляцией каждого пальца отдельно или одновременно, в зависимости от возможностей пользователя. Поэтому данная статья посвящена состоянию дел в области управления протезами рук с миоэлектрическим управлением, в ней подробно описаны различные стратегии управления и дана краткая информация о механической конструкции в коммерческих и исследовательских работах.

Миоэлектрический протез руки основан на электромиографических (ЭМГ) сигналах, генерируемых в скелетных мышцах, которые отражают намерение пользователя. Сигналы ЭМГ, генерируемые намерением, используются для управления протезом руки с помощью различных схем расшифровки, таких как пропорциональное управление, управление включением-выключением, конечный автомат состояния, распознавание образов и постуральное управление. Исследователи пытаются расшифровать больше информации из ЭМГ, чтобы улучшить ловкость протеза руки. С другой стороны, некоторые исследователи пытаются использовать методы сопряжения сигналов ЭМГ для улучшения ловкости. Тем не

менее, управление протезом руки зависит от способа получения сигналов, а также от расшифровки намерений по сигналам ЭМГ.

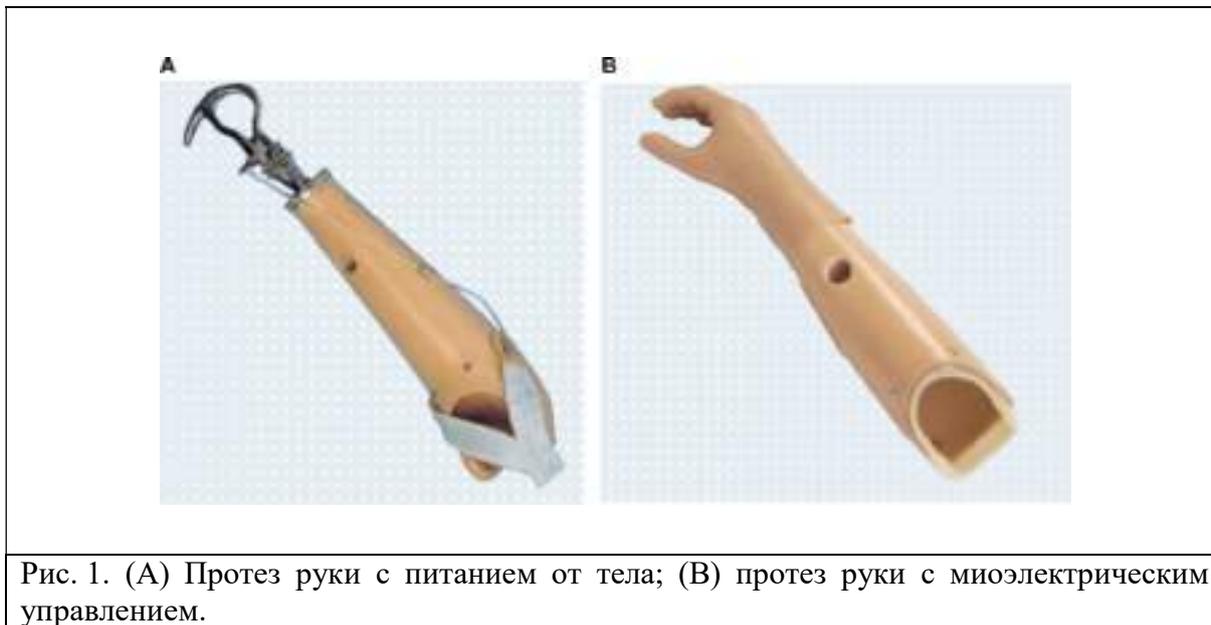


Рис. 1. (А) Протез руки с питанием от тела; (В) протез руки с миоэлектрическим управлением.

Обнаружение сигналов ЭМГ

Протез руки с питанием от тела не имитирует естественное движение руки человека. Устройства, управляемые намерением пользователя, имитируют естественные движения человека. Намерение пользователя для управления рукой может быть получено из физиологических сигналов управления, полученных с помощью датчиков. Сенсорная технология передает сигналы управления от человека в искусственную руку. Современные протезы рук включают в себя поверхностные электроды для интерфейса искусственной руки через миоэлектрические сигналы управления для человека. Поверхностные ЭМГ сигналы для управления искусственной рукой воспринимаются с поверхности кожи и являются предпочтительными из-за простоты доступа и неинвазивности процедуры. Ловкость протезной руки при поверхностной ЭМГ ниже из-за ограничений в определении мест для получения сигналов. Используя поверхностные электроды, можно определить три-четыре возможных места на культе для получения сигналов для последовательного управления. Однако сбор внутримышечных сигналов ЭМГ является инвазивным методом и требует хирургических навыков для использования имплантируемого миоэлектрического датчика. Но внутримышечные ЭМГ-сигналы обеспечивают доступ к сбору ЭМГ-сигналов из нескольких мест для обеспечения нескольких степеней управления протезом руки. Можно было бы добиться одновременного управления протезом руки с помощью внутримышечных ЭМГ-сигналов, используя имплантируемый датчик.

Хирургическая процедура ЦРМ была недавно использована для переподключения нервов к различным наборам мышц, которые могут быть измерены с поверхности для управления искусственной рукой. Использование ЦРМ эффективно для трансгумеральных ампутантов, и эта техника обеспечивает доступ к использованию намерений пользователя.

Схемы миоэлектрического управления

Сигнал ЭМГ используется в управлении протезом руки с 1948 года. Производство коммерческих протезов рук с использованием МЭС началось в 1957 году в Центральном научно-исследовательском институте протезирования в Москве для управления шаговым

двигателем. Позже он был модернизирован с помощью двигателя постоянного тока с постоянными магнитами и электромагнитных реле. Позже стратегия миоэлектрического управления была широко проанализирована, и была разработана простая схема управления включением-выключением. В этой миоэлектрической схеме управления амплитуда ЭМГ используется для декодирования информации в полученных сигналах ЭМГ для включения/выключения двигателя. Команда на приведение протеза в действие определяется путем сравнения амплитуды, рассчитанной с помощью среднеквадратичного или среднего абсолютного значения, с заданным порогом. Для преобразования информации, содержащейся в ЭМГ, было разработано множество схем управления, которые обычно классифицируются по характеру управления как последовательное управление и одновременное управление. Большинство схем управления, используемых в протезе руки пользователя, имеют последовательное управление, и в настоящее время ведутся исследования по одновременному управлению рукой. В схемах последовательного управления сигналы ЭМГ переводятся с помощью следующих схем: 1) управление включением-выключением, 2) пропорциональное управление, 3) прямое управление, 4) управление с помощью конечных автоматов состояния, 5) управление на основе распознавания образов, 6) схемы управления позой и 7) схемы регрессионного управления.

Кроме того, пропорциональное управление используется в сочетании с прямым управлением, конечным автоматом состояния и управлением позой для эффективного декодирования информации от МЭС. Сигналы МЭС, полученные с поверхности кожи в этих схемах, усиливаются и предварительно обрабатываются перед аналого-цифровым преобразованием. Полученные данные ЭМГ обрабатываются для расшифровки намерений пользователя и обмена данными с контроллером двигателя, чтобы привести в действие соответствующий двигатель для достижения желаемой пользователем активности [6-8].

Обычное управление включением-выключением подходит максимум для двух степеней свободы. При управлении протезная рука управляется с постоянной скоростью по часовой стрелке и против часовой стрелки с полной остановкой. Существуют различные схемы управления для включения-выключения. Простейшее управление включением-выключением основано на пороговом значении ЭМГ для выбора направления управления рукой. При такой схеме управления рука работает с постоянной скоростью, которая не зависит от уровня сокращения. Одновременное управление движением возможно при включенных и выключенных двигателях, работающих с постоянной скоростью.

При пропорциональной схеме управления напряжение, подаваемое на двигатель, пропорционально уровню сокращения/интенсивности сигналов ЭМГ. Это позволяет быстро схватывать грубые движения, а пригодность такого управления для верхних конечностей все еще изучается. В последнее время исследователи сосредоточились на одновременном пропорциональном управлении.

Такое одновременное управление противоречит последовательным схемам управления, таким как государственная машина. Другие схемы управления используются наряду с пропорциональным управлением для улучшения ловкости в схемах миоэлектрического управления.

Прямое управление похоже на пропорциональное управление и предполагает использование независимых участков ЭМГ для достижения индивидуального управления движениями пальцев. Однако трудно добиться независимого управления рукой из-за перекрестных помех в сигналах ЭМГ. Это может быть возможно с помощью внутримышечных сигналов ЭМГ с использованием имплантируемого миоэлектрического датчика.

В случае управления с конечным автоматом состояния, позы рук predeterminedены как состояния, и переход между состояниями также predeterminedен или декодирован из входных данных подходит для фиксированного количества поз и может не подходить для многофункциональности. Кроме того, изменение состояния происходит от команды ЭМГ до выбора желаемой позы/функции. Эти ограничения могут быть преодолены с помощью -

метода распознавания образов. Многие исследователи разработали различные алгоритмы для идентификации информации из сигналов с использованием подхода распознавания образов.

Выводы

В этой статье были рассмотрены различные схемы управления миоэлектрическими устройствами, связанные с последовательным управлением и управлением в разомкнутом контуре, которые находятся в стадии исследования и не разработаны в качестве продукта. Очень важно разработать продукты на основе этих схем. Еще одной важной вехой в миоэлектрическом управлении является обеспечение хорошей способности к захвату с помощью суставов пальцев, приводимых в действие с помощью мотора, чтобы имитировать захват человеческой руки. Кроме того, замкнутый контур управления с интеграцией сенсорного двигателя является еще одной важной областью исследований, в дополнение к одновременному и пропорциональному управлению. Исследователи пытаются с помощью тактильной обратной связи замкнуть контур миоэлектрического управления. Управление в замкнутом контуре - одна из областей, требующих пристального внимания. Кроме того, в развитых странах успешно ведутся исследования по имплантируемым миоэлектрическим датчикам и ТМР. Но эти исследования должны начаться и в развивающихся странах, чтобы восполнить пробел.

В различных частях мира было проведено значительное количество исследований, и необходимо оценить жизнеспособность стратегий миоэлектрического управления с клинической точки зрения.

Список литературы

1. Протезирование верхних конечностей // Официальный сайт компании OttoBock[Электронный ресурс] URL: <http://www.ottobock.ru/prosthetics/upper-limb-prosthetics/>, режим доступа - свободный.
2. Протезы верхних конечностей // Медицина Германии URL: [Электронный ресурс] <http://medicina-germany.ru/protezy-verxnix-konechnosti/>, режим доступа - свободный.
3. Zargaryan E.V., Zargaryan Y.A., Dmitrieva I.A., Sakharova O.N. and Pushnina I.V.. Modeling design information systems with many criteria. Information Technologies and Engineering – APITECH - 2020 // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 2085(3). P. 032057(1-7). doi:10.1088/1742-6596/1679/3/032057
4. Соловьев В.В., Заргарян Е.В., Заргарян Ю.А., Белоглазов Д.А., Косенко Е.Ю. Проектирование и моделирование объемного гидропривода. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. – 97 с.
5. Маныч А.С., Заргарян Е.В. Контрольно-измерительные средства для взвешивания сыпучих грузов. Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием / ред.кол.: Светличная Л.А., Чернова Т.В.; Таганрог: ЭльДирект – ИП Шкуркин Д.В. (ДиректСайнс), 2021. – 358 с., с 132-136
6. Х.С. Аламир, Е.В. Заргарян, Ю.А. Заргарян. Модель прогнозирования транспортного потока на основе нейронных сетей для предсказания трафика на дорогах. // Известия ЮФУ. Технические науки. –2021. –№ 6 (223). –С. 124-132
7. Касимов Д.В., Заргарян Ю.А. Использование регулятора в системе управления влажностным режимом. Исследование принципов работы системы управления и сбора информации для сейсморазведки полезных ископаемых. Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении «КомТех-2021»: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием : в 2 т. / Южный

федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. Т.2, стр213-218

8. Шаповалов Д. С., Заргарян Ю. А. Поиск оптимального типа позиционного трекинга при реализации vr и ar систем. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Инженерно-техническое образование и наука» (г. Новороссийск, 21-22 апреля 2021 г.) / под общ. ред. к.ф.н. доцента И. В. Чистякова. – Новороссийск: Изд-во НФ БГТУ им. В.Г.Шухова, 2021. – 146 с, с.27-29

The use of myoelectric signals in prosthetics

Zargaryan Y. A.

Southern Federal University

344006, Russia, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya Str., 105/42

Myoelectric signals (MES) are used in various applications, in particular, to identify the user's intentions for the potential control of auxiliary devices for amputees, orthopedic devices and exoskeletons in order to enhance the user's capabilities. MES are also used to estimate the force and therefore the torque to actuate the auxiliary device. The use of MES is not limited to auxiliary devices, they also find potential applications in robot teleoperation, tactile devices, virtual reality, and so on. A prosthetic arm based on myoelectric control helps to restore the daily life of people with amputated limbs in order to increase the self-esteem of the user. All prosthetic hands based on myoelectric control may not have similar operations and demonstrate differences in the perception of the input signal, decoding of signals and actuation of the prosthetic arm. The researchers are focused on improving the functionality of the prosthetic arm to meet the user's requirements through various operational functions. Myoelectric control differs in the principle of operation in order to take into account various external factors. This article examines the state of affairs in the field of myoelectric prosthetic hands, describes each management strategy.

Keywords: informatization, auxiliary device, control system, myoelectric signals.

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_91

УДК 620.9

ГРНТИ 44.00.00

ВАК 05.14.00

Мониторинг состояния ЛЭП: инновационные решения¹ Астафьева Д. В., ^{2*} Щемелева Ю. Б.

¹ Центр дополнительного образования «Эрудит»
Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Нахимова, 12а
² Филиал Южного федерального университета в г. Геленджике
Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Заставная, 10а

email: * pre-di@yandex.ru, da-yula@yandex.ru

Объектом исследования в данной работе являются линии электропередач. Авторами был проведен анализ нормативно-правовой базы электроэнергетики в отношении мониторинга линий электропередач. Выделены те технические параметры, мониторинг которых возможен визуальным осмотром. Проведен обзор существующих способов визуального осмотра. Отмечено, что осмотр проводится оперативной бригадой с выездом на местность и подъемом на автовышке, что бывает трудноосуществимо в условиях пересеченной местности (горные районы, водные преграды и т.п.). Предложено использовать в этих целях современное техническое решение – дроны. Разработан алгоритм проведения работ по мониторингу с использованием дронов. Начато проведение полевых испытаний, создание и наполнение базы данных. Предложено использованием искусственного интеллекта для автоматического анализа изображений, полученных при осмотре ЛЭП. Таким образом, в целом, сделана постановка задачи дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, дрон, фотофиксация, видеофиксация, искусственный интеллект.

Актуальность

Линии электропередач – это один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока. Они связывают электростанции с подстанциями и потребителями, а также служат для связи смежных энергосистем. Различают два вида линий электропередач: воздушные (ЛЭП) и подземные (подводные) (кабельные). В воздушных линиях провода подвешены над землей или над водой, а подземных используется силовой кабель. Общая протяженность линий России, по данным информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 38-2017, составляет почти 2650 тыс. км. Они имеют большую протяженность и проходят иногда по труднодоступным местам. При этом они должны обеспечивать круглосуточное электроснабжение потребителей качественной электроэнергией. Под качеством электроэнергии понимается степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных значений показателей качества электрической энергии. Гарантированность снабжения потребителя качественной электроэнергией обеспечивается исправностью линий электропередач, состоящих из достаточного большого числа составных компонентов.

Постановка задачи

Целью нашей работы является выработка предложений по мониторингу состояния ЛЭП. Объектом исследования являются линии электропередач. Здесь следует сразу сделать оговорку, что речь в нашей работе идёт о воздушных ЛЭП, расположенных в труднодоступных местах (пересечённая местность, горы, леса).

Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

- на основе нормативно-правовой базы электроэнергетики выделить параметры, требующие мониторинга, провести их группировку;
- определить параметры, определяемые средствами визуального осмотра, проанализировать способы проведения осмотра;
- разработать предложения по совершенствованию средств мониторинга;
- провести полевые испытания;
- разработать методику мониторинга состояния ЛЭП;
- предложить способы оценки повреждений.

Основная часть

Для поддержания параметров, обеспечивающих качественное бесперебойное электроснабжение потребителей, линии электропередач должны всегда находиться в исправном работоспособном состоянии. Согласно Приказа Министерства энергетики РФ от 26 июля 2017 г. № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей», к ЛЭП предъявляется целый ряд требований.

Проведя анализ параметров технического состояния функциональных узлов воздушной линии электропередачи, можно разбить все параметры на следующие группы, как показано в таблице 1:

- параметры, мониторинг которых возможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния (параметры повреждений имеют достаточно большую площадь (см) или хорошо заметны (например, искрение));
- параметры, мониторинг которых невозможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния (параметры повреждений имеют малую площадь (мм)).

Таблица 1

Разбиение параметров на группы

Группа 1 - параметры, мониторинг которых возможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния	Группа 2 - параметры, мониторинг которых невозможен средствами визуального наблюдения с дальнего расстояния
перекрытие с разрушением изоляторов	вибрации
перекрытия на расположенные на трассе деревья	перемещения и деформация
включение короткозамыкателей на осветительных подстанциях	отказы на включение/выключение в стояночном режиме/режиме эксплуатации
перекрытие с провода на тело опоры	отказы (частота отказов, последствия)
перекрытие с провода на проезжающие высоко габаритные механизмы	работоспособность в соответствии с установленными режимами и паспортом оборудования
обрыв грозозащитных тросов	наличие микротрещин на опоре
падение провода на землю	Отдельные волокна у тросов

Как видно из таблицы 2, довольно большое количество параметров, способных привести к ухудшению условий эксплуатации, и дальнейшему выходу из строя электрооборудования, можно обнаружить при визуальном осмотре.

В настоящее время такой осмотр осуществляется в соответствии с указаниями, приведенными в Приказе Ростехнадзора от 23.07.2019 № 291 «Об утверждении Методических рекомендаций по внедрению риск-ориентированного подхода при проведении плановых проверок деятельности юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя субъекта электроэнергетики, эксплуатирующего объекты электросетевого хозяйства» [3]. Согласно этому документу, бригада выезжает на место, предупредив юридическое лицо за 3 дня до предполагаемой даты осмотра. Эти мероприятия следует проводить не реже одного раза в год. Осмотр производится путем визуальной фиксации при объезде линий электропередачи оперативной бригадой. Если в черте населённых пунктов или вдоль автомобильных дорог такой осмотр не связан с трудностями, то в труднодоступных районах (горная или пересечённая местность, водная поверхность рек и озёр) осмотр может сопровождаться необходимостью использования автовышки.

Предлагаемые решения

Проведя анализ, мы пришли к выводу, что процедура визуального осмотра требует внедрения новых подходов. Одним из перспективных решений, по нашему мнению, может стать использование современных средств слежения – дронов, оборудованных камерами видеофиксации и/или фотофиксации.

В нашей стране использование дронов регламентируется законом о беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) Минтранса [4]. Этим документом вводятся следующие ограничения на их использование: необходима регистрация дронов массой от 250 грамм до 30 кг; разрешён полет на высоте до 150 метров, нельзя летать в диспетчерских зонах, вблизи аэропортов и диспетчерских зон, охранных зонах; нельзя летать над массовыми мероприятиями (митинги, соревнования, демонстрации, концерты и прочие культурные мероприятия).

По мнению авторов, для осмотра оборудования линий электропередач в труднодоступных районах возможно получить согласования на проведение работ. По нашему мнению, использование дронов для мониторинга технического состояния ЛЭП является перспективной задачей, требующей технического решения.

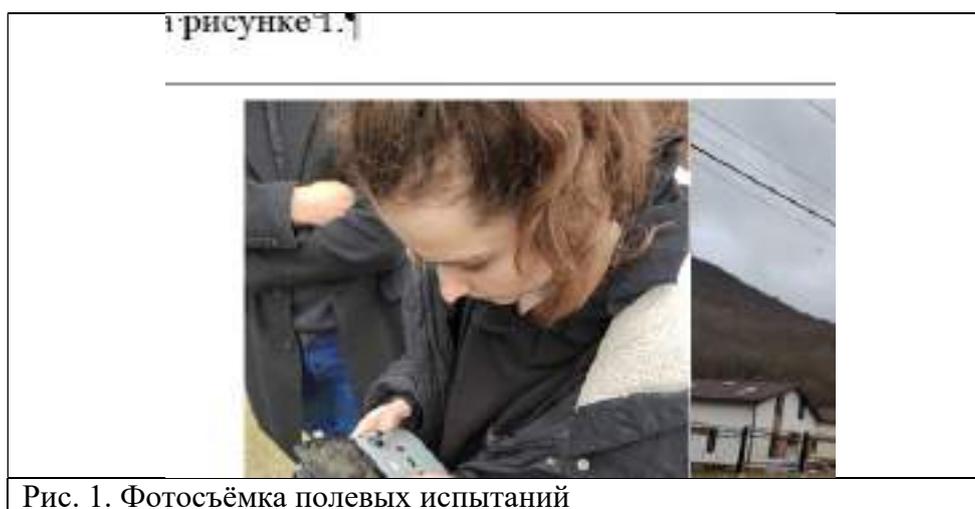
При этом работа по мониторингу будет систематической с накоплением результатов и созданием информационной системы на основе базы данных. Просмотр всех фото- и видеоматериалов является трудоёмкой работой, требующей повышенного внимания и связанной с возможными ошибками (человеческий фактор). Мы предлагаем использовать алгоритмы обработки цифровой информации на основе искусственного интеллекта, позволяющие выявлять на изображениях отклонения от нормальных параметров: близкое расположение проводов и посторонних объектов, например, веток деревьев, искрение, трещины на изоляционных материалах, сколы и т.п. Примерный алгоритм работ представлен в таблице 2.

Нами в настоящее время проводятся полевые испытания для подтверждения возможности фотофиксации и видеофиксации повреждений на опорах и проводах линий электропередач, как показано на рисунке 1.

Получаемые в настоящее время данные сводятся в базу данных, на основе которой в дальнейшем планируется обучение алгоритмов по распознаванию образов. Одновременно нами начаты работы по изучению возможностей искусственного интеллекта по распознаванию образов с точки зрения анализа изображений.

Порядок проведения работ

Этап	Наименование работ
1	Выезд бригады контролеров-операторов в соответствии с планом работ
2	Облет дроном участка ЛЭП, фото и видеофиксация объекта
3	Загрузка материалов в базу данных
4	Анализ материалов алгоритмами обработки. В случае обнаружения сомнительных данных – передача сигнала о возможных выходах за рамки технического регламента
5	Просмотр сомнительных данных оператором. Принятие решения о необходимости проведения ремонтных работ



Выводы

Таким образом, в данной работе проведён анализ нормативно-правовой базы электроэнергетики в отношении мониторинга линий электропередач. Выделены технические параметры, мониторинг которых возможен визуальным осмотром. Проведён обзор существующих способов визуального осмотра. Предложено использовать в этих целях современное техническое решение – дроны. Разработан алгоритм проведения работ по мониторингу с использованием дронов. Начато проведение полевых испытаний, создание и наполнение базы данных. Предложено использованием искусственного интеллекта для автоматического анализа изображений, полученных при осмотре ЛЭП. Таким образом, в целом, сделана постановка задачи дальнейших исследований в этой области.

Список литературы

1. Электроснабжение в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Щемелева Ю.Б., Давыдов С.К., Чанкаева О.И. учебное пособие. Москва, 2021.
2. Проблема мониторинга состояния ЛЭП: постановка задачи. Астафьева Д.А., Щемелева Ю.Б.В сборнике: Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика. сборник трудов X Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума в рамках мероприятий, посвященных году Науки и технологий в Российской Федерации. Ростов-на-Дону, 2021. С. 539-543.
3. Приказ Ростехнадзора от 23.07.2019 N 291 Об утверждении Методических рекомендаций по внедрению риск-ориентированного подхода при проведении плановых проверок

деятельности юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя субъекта электроэнергетики, эксплуатирующего объекты электросетевого хозяйства

4. Закон о БПЛА Минтранса от 3 февраля 2020 года (поправки от 5 апреля 2021)

Monitoring the condition of power lines: innovative solutions

^{1*} Astafieva D.V., ² Shchemeleva Y.B.

¹ *UIA DO "Center for Additional Education "Erudite", Russia, Krasnodar Territory, Gelendzhik, Nakhimov str., 12a*

² *Branch of the Southern Federal University in Gelendzhik. Russia, Krasnodar Territory, Gelendzhik, Zastavnaya str., 10a*

email: * pre-di@yandex.ru, da-yula@yandex.ru

The object of research in this work are power lines. The authors analyzed the regulatory framework of the electric power industry in relation to the monitoring of power transmission lines. The technical parameters that can be monitored by visual inspection are highlighted. The review of the existing methods of visual inspection is carried out. It is noted that the inspection is carried out by an operational team with an exit to the terrain and an ascent on a car tower, which can be difficult in rough terrain (mountainous areas, water barriers, etc.). It is proposed to use a modern technical solution for this purpose – drones. An algorithm for monitoring using drones has been developed. Field tests, creation and filling of the database have been started. It is proposed to use artificial intelligence for automatic analysis of images obtained during the inspection of power lines. Thus, in general, the task of further research in this area has been formulated

Keywords: overhead power lines, drone, photo fixation, video fixation, artificial intelligence