Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Комитет жилищно-коммунального хозяйства
и топливно-энергетического комплекса Волгоградской области
Администрация городского округа – город Волжский
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»
АО «Системный оператор – ОДУ Юга»
Филиал ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»
Магистральные электрические сети Центра (МЭС Центра) – филиал ПАО «ФСК ЕЭС»
Филиал ОАО «ФСК ЕЭС» Волго-Донское ПМЭС
Филиал АО «СО ЕЭС» «Объединенное диспетчерское управление энергосистемами Юга»
Филиал ПАО «МРСК Юга» – «Волгоградэнерго»

РЕСУРСОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

СЕКЦИИ II-IV

г. Волжский
26 декабря 2017 г.

Сборник материалов конференции

Волжский **Филиал «НИУ «МЭИ»** **2018**

УДК 620.9(042)
ББК 31
Р 443

Организационный комитет:
Хазиахметов Р.М. (председатель), Султанов М.М., Магид С.И., Раменский П.П., Курьянов В.Н., Жилина В.И., Якимович Е.В., Кульков В.Г., Зенина Е.Г., Иваницкий М.С., Болдырев И.А., Одоевцева М.В., Чубко Ю.М., Трохимчук М.В.

Ресурсоэнергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов: Межрегиональная конференция. Секции II-IV, г. Волжский, 26 декабря 2017 г. / Сборник материалов конференции. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2018. – 66 с.

ISBN 978-5-94721-132-0

В сборник вошли статьи, отражающие основное содержание докладов, представленных на конференции, в которых освещены актуальные проблемы развития теплоэнергетики, электроэнергетики, машиностроения, металлургии, химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности в части моделирования и создания объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий. Рассмотрены проблемы математического моделирования, автоматизированного проектирования, информационных технологий и управляющих систем. Обсуждены также проблемы внедрения технических и программных средств измерения, диагностики и автоматизации.

Публикуемые материалы предназначены для научных работников, инженеров и аспирантов. Материалы могут быть полезны студентам старших курсов и магистрантам технических вузов при выборе тематики бакалаврских работ и магистерских диссертаций.

Тексты тезисов, представленные авторами, сверстаны и при необходимости сокращены. Как правило, сохранена авторская редакция.

Печатается по решению Учебно-методического совета Филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

УДК 620.9(042)
ББК 31

ISBN 978-5-94721-132-0

© Авторы, 2018
© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2018

СЕКЦИЯ № 2

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Председатель: ***Р.М. Хазиахметов*** – генеральный директор
ОАО «Управляющая компания “Волжский гидроэнергетический каскад”»
Сопредседатель: ***В.Н. Курьянов*** – канд. техн. наук, доцент
Секретарь: ***И.Л. Васильева*** – доцент

ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЭС НА ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЧНОЙ ВОДЫ

Гомазков Д.С., Кирносов М.С. – студенты
Гусева Ю.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время среди всех возобновляемых источников энергии наибольшей популярностью пользуются гидроэлектростанции. Этот факт объясняется большей отдачей средств при сопоставимых капиталовложениях. Выгода от строительства ГЭС заключается в стоимости электроэнергии на российских ГЭС, которая в два раза ниже, чем на тепловых электростанциях. Описание негативного влияния от устройства ГЭС, как правило, ограничивается упоминанием об изменении рельефа местности, возможных проблемах с переселением населения и изменением жизнедеятельности обитателей водоемов. В данной работе представлены аналитические данные по изменению химического состава воды в результате строительства гидроузла на примере Волжской ГЭС [1-3].

Волга – крупнейшая река Европейской части России – играет важную роль в хозяйственной деятельности Российской Федерации. Огромная протяженность реки и антропогенные факторы оказывают влияние на изменение химического состава ее вод. На Волге расположены 9 водохранилищ, 8 из них образуют каскад. Волгоградское водохранилище расположено в пределах двух административных областей – Саратовской и Волгоградской, и вытянуто с северо-востока на юго-запад. Заполнение водохранилища происходило с 10 ноября 1958 г. по май 1960 г. За это время уровень воды поднялся на 26 м, что соответствует объему воды в водохранилище 33,5 км^3 с площадью зеркала водохранилища 3470 км^2. Средний многолетний водообмен в водохранилище – 7,7 раза в год.

Показательным периодом являются годы пуска ГЭС в эксплуатацию. Весной 1960 г. по длине водохранилища была обнаружена различная минерализация. На 500-м километре от плотины минерализация составляла 207,3 мг/л и она сохранялась до 275 км. На 180-м км минерализация воды уже составляла 268,4 мг/л, а на 120-м км – 296 мг/л. Такое явление объясняется тем, что в верховье

водохранилища подошла паводковая маломинерализованная вода из Куйбышевского водохранилища, а до 275-го км от плотины водохранилище еще было заполнено зимней более минерализованной водой. У плотины минерализация воды в это время достигала 304,0 мг/л. По ширине водохранилища величина минерализации воды одинакова, за исключением летнего периода, когда у левого берега она выше, чем у правого, что происходит за счет высокоминерализованных вод притоков реки Волги. Минерализация напрямую связана с испарением, поэтому ее величина непостоянна.

Пределы колебаний отдельных веществ в Волгоградском водохранилище показаны в таблице [1].

Наблюдаемый период	**1954**	**1955**	**1956**	**1960**	**1961**
Температура, °С	23,0-27,6	14,1-18,9	18,4-19,6	4,1-9,7	12,4-17,1
pH	7,71-8,12	–	7,43-7,60	7,34-8,24	7,57-8,22
Цветность, град.	29-56	63	54-61	15-22	21-29
NO_3, мг N/л	0,00-0,05	0,23-0,45	0,40-0,90	0,45-0,85	0,51-0,62
NO_2, мг N/л	0,001-0,014	0,000-0,008	0,000-0,006	0,003-0,009	0,012-0,027
NH_4, мг N/л	0,008-0,050	0,070-0,120	0,110-0,150	0,230-0,780	0,140-0,290
ΣN, мг N/л	0,02-0,06	0,32-0,58	0,56-1,02	0,54-1,29	0,72-0,89
$P_{мин.раст}$, мг P/л	0,002-0,034	0,006-0,021	0,001-0,016	0,006-0,039	0,020-0,044
ΣFe, мг Fe/л	0,13-0,47	0,12-0,30	0,24-0,44	0,08-0,21	0,11-0,16
Σс/с, мг/л	240,2-261,4	110,0-129,3	168,5-180,4	203,5-309,9	178,1-217,5

За счет снижения скорости реки водохранилище работает как отстойник, прозрачность воды в Волгоградском водохранилище в 1959-1961 гг. изменялась в пределах 25-220 см воды, но уменьшение прозрачности может наблюдаться в летние периоды во время цветения сине-зеленых водорослей.

После строительства Волгоградского водохранилища наблюдается повышение общего содержания азота и его соединений в воде.

Содержание растворенных фосфатов в воде Волгоградского водохранилища в 1959-1961 гг. колебалось в пределах 0,006-0,056 мг P/л. Изменения фосфатов по длине водохранилища незначительны: в весенний период содержание их от верховьев к плотине уменьшается, а в летний период, наоборот, увеличивается, в осенний на всем протяжении водохранилища оно остается неизменным.

С железом наблюдается некоторая сезонная зависимость: наибольшее содержание железа отмечалось в весенний период, когда водохранилище было заполнено еще зимней водой из Куйбышевского водохранилища. В летний период содержание его уменьшается до 0,00-0,09 мг Fe/л, что, по-видимому,

связано с интенсивным развитием фитопланктона, который потребляет железо. В осенний период (ноябрь) его содержание остается также малым (0,02-0,05 мг Fe/л).

Как правило, наибольшая величина цветности воды наблюдается в весенний период, когда талые воды несут много гумусовых веществ с болот. В остальные сезоны цветность воды уменьшается.

Вследствие создания Волгоградского водохранилища прозрачность и величина pH изменились незначительно. Однако наблюдается значительное увеличение концентрации азотистых веществ и железа. Общая минерализация изменилась в 4,7 раза.

Методы очистки воды зависят от качества воды в источнике водоснабжения, потребляемого расхода и требований, предъявляемых к качеству воды потребителями. Изменение физико-химического состава воды в источнике влечет за собой изменение технологий ее очистки. Для действующего производства возникает необходимость в пересмотре существующего процесса водоподготовки, что может повлечь изменение схемы приготовления воды соответствующего качества. Реконструкция (или новое строительство) – долгий процесс, требующий серьезного финансирования. Реконструкция очистных сооружений влечет за собой изменение режимов эксплуатации оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенин, А.А. Гидрология Волги и ее водохранилищ / А.А. Зенин. – СПб.: Гидрометеорологическое издательство, 1965. – С. 152-164.

2. Ретроспективная характеристика Волгоградского водохранилища как источника водоснабжения городского и сельского населения / В.Ф. Спирин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 – С. 5605-5609.

3. Водоподготовка и водно-химические режимы в теплоэнергетике / Э.П. Гужулев [и др.] – Омск: ОмГТУ, 2005. – С. 24-27.

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЕ С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ ВОДОСПУСКА ВОЛЖСКОЙ ГЭС

Курбалева А.Э., Золотарская Е.С. – студентки
Гусева Ю.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Волго-Ахтубинская пойма, образованная реками Волгой и Ахтубой, расположена в пределах Волгоградской и Астраханской областей, а также Республики Калмыкия. Уникальность природы этих мест легла в основу образования в 2000 г. на территории Среднеахтубинского, Ленинского и Светлоярского районов Волгоградской области природного парка «Волго-Ахтубинская пойма». Терраса Волго-Ахтубинской поймы лежит ниже уровня мирового океана, и ее высота колеблется в пределах от –5 м на севере до –9 м на юге.

После возведения каскада водохранилищ на Волге произошло нарушение экосистемы Волго-Ахтубинской поймы, что связано с изменением естественного режима паводков. Из восьми волжских водохранилищ регулирующими являются два – Рыбинское и Куйбышевское, только они обладают достаточной емкостью, чтобы осуществлять многолетнее регулирование стока, то есть накапливать воду в многоводные годы и расходовать ее в маловодные. Данные Нижне-Волжского водохозяйственного управления (НВБУ) и облкомприроды по пиковым значениям расходов воды в половодье представлены диаграммой на рисунке.

Рисунок. Водность реки Волги в районе г. Волгограда

Из графика видно, что причина осложнения водохозяйственной ситуации на Волге в 2015 г. – два наложившихся друг на друга маловодных года. Маловодье 2014 г. удалось пройти за счет использования ранее созданных запасов воды в водохранилищах. 2015 г. был признан годом экологического бедствия для поймы.

Решение проблемы маловодья должно быть комплексным. В 80-е гг. в научных кругах СССР была популярна идея переброски стока северных рек: Северной Двины, Печоры в бассейны Волги и Дона [2]. В рамках глобального проекта севернее Волгограда начали строить канал «Волго-Дон-2». Стройку отменили из-за дороговизны и нецелесообразности. В 2000-е гг. появляются инициированные компанией «Русгидро» публикации о возможной достройке Чебоксарской ГЭС в Среднем течении Волги в качестве варианта дополнительной водной помощи Волго-Ахтубинской пойме в половодье.

Одним из вариантов решения вопроса может стать гидротехническое строительство внутри поймы водопропускных сооружений, плотин, которые задерживали бы воду через ограждения на ериках и других водотоках, а также облесение водоохраной зоны – это может способствовать повышению водности, а следовательно, снижению последствий. Сотрудники Государственного океанографического института им. Зубова предложили схему обводнения Волго-Ахтубинской поймы за счёт строительства дополнительной мини-ГЭС на реке Ахтубе. Плотина позволит имитировать естественный сток в пойму воды из Волгоградского водохранилища минуя Волжскую ГЭС. Для её работы предлагается построить в верховье волжского протока Ахтубы мини-ГЭС устройством 5 насосных станций, мощности которых рассчитаны на подачу от 100 до 300 м^3/с.

Искусственная подкачка воды была осуществлена летом 2016-17 гг., вода закачивалась в Каширинский и Краснослободский водные тракты. Но использование этих методов экономически затратно и невыполнимо в кратчайшие сроки. Тогда как существуют методы расчета регулирования объемов воды при различных условиях водопотребления [2-6]. Методики основаны на учете суточного, недельного, сезонного, годичного, многолетнего колебания уровня воды в водохранилище и объемов водопотребления. Для решения вопроса регулирования объемов воды с целью обводнения Волго-Ахтубинской поймы требуется построить зависимость между величинами гарантированных расходов воды и полезного объема водохранилища, причем необходимо включить зависимость объемов воды в Волгоградском водохранилище с учетом Волго-Камского каскада. Для расчета необходимо использовать данные по испаряемости, заиливанию, фильтрации под плотиной и в сторону естественного берега, потери воды на шлюзование, на ледообразование. Для сезонного регулирования стока можно использовать обобщенные методы регулирования стока, расчеты по интегральным кривым, по календарному стоковому ряду, по диспетчерским правилам. Расчетные методы многолетнего регулирования можно дополнить теорией вероятности и математической статистикой.

Пропуск половодий и паводков через гидротехнические сооружения регламентируется нормативными документами [7]. В соответствии с этими документами ежегодная вероятность превышения максимальных расходов воды устанавливается в зависимости от класса сооружений для двух расчетных случаев − основного и поверочного. Установление оптимального режима работы гидроузла – чрезвычайно сложная работа, требующая увязки целого ряда зачастую взаимоисключающих требований. Плюс надежность прогноза приточности, особенно долговременного, чрезвычайно низка. В приоритете всегда находятся вопросы безопасности гидротехнических сооружений, обеспечение водоснабжения, защита от наводнений, экология.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев, Д.В. Когда государство спорит с собой: Дебаты о проекте «поворота рек» / Д.В. Воробьев // Неприкосновенный запас. – 2006, (2)46.

2. Савичев, О.Г. Регулирование речного стока: учебное пособие / О.Г. Савичев, С.Ю. Краснощёков, Н.Г. Наливайко // Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 114 с.

3. Маркин, В.Н. Обоснование водохозяйственных мероприятий в бассейне реки: учебное пособие / В.Н. Маркин, Л.Д. Раткович, С.А. Соколова. – М.: МГУП, 2006. – 77 с.

4. Михайлов, В.Н. Гидрология: учебник / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – М.: Высш. шк., 2005. – 463 с.

5. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Госстрой России, 2004.

6. Яковлев, С.В. Комплексное использование водных ресурсов: учебное пособие / С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинова, В.Н. Родин. – М.: Высш. шк., 2005. – 384 с.

7. Гидротехнические сооружения. Основные положения. СНиП 33- 01-2003. Приняты постановлением Госстроя России от 30.06.2003 г. № 137. − М.: Госстрой России, 2006.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ГИДРОТУРБИН

Карпенко И.А. – студентка
Трохимчук М.В. – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Основными факторами, обуславливающими износ энергетического оборудования, являются, как правило, кавитация и высокоскоростные потоки влаги и абразивных частиц. Их возникновение зависит от физических свойств жидкостей и параметров течения (давление, температура, скорость). Кавитация уменьшает подъемную силу подводных крыльев, ухудшает характеристики насосов, турбин, гребных винтов и других механизмов. Чтобы по возможности свести к минимуму вредное воздействие кавитации, обычно для каждой машины определяют ее кавитационные характеристики [1]. Проектирование многих машин и установок обязательно осуществляется с учетом их кавитационной эрозии.

О начале кавитационной эрозии металла свидетельствует появление на поверхностях деталей отдельных пятен, имеющих матовый оттенок. По своему виду эти пятна напоминают поверхности деталей, которые подвергались пескоструйной обработке. Появившиеся в начальной стадии кавитации пятна на поверхностях деталей увеличиваются в своих размерах, соединяются между собой и через определенный отрезок времени могут иметь вид сплошных участков повреждения. На протекание процесса кавитации указывает также различная глубина разрушенного металла, которая изменяется от минимальных размеров (2-3 мм) до размера всей толщины стенки детали (28-32 мм). В некоторых случаях соединения пятен, образовавшихся вследствие кавитации, не происходит. При дальнейшей работе гидротурбин в этих местах образуются отдельные раковины (рисунок).

Рисунок. Сплошные участки повреждения процессом кавитации на камере рабочего колеса

Изменения кавитационных режимов часто приводят к перемещению зоны кавитации. Имеются случаи, когда разрушение кавитацией на одних и тех же деталях прекращалось в одних местах, но начиналось на других участках. Следовательно, определить заранее на камерах рабочих колес зону, где кавитационная эрозия металла была бы максимальной, редко бывает возможным.

Наблюдаются случаи, когда разрушения металла имеют весьма необычный вид. Например, на ГЭС № 10 Ленэнерго отмечен случай, когда на одной из камер рабочих колес, выполненной из чугуна, кроме имевшихся ранее разрушений, были обнаружены новые зоны разрушенного кавитацией металла, по своему виду напоминавшие разрушения, которые происходят при обстреле кирпичных стен картечью. Такой характер кавитационной эрозии поверхности камеры рабочего колеса может быть объяснен тем, что разрушения произошли из-за изменения режимов работы гидроагрегатов, которые в этот период работали с нагрузкой до 27 000 кВт вместо проектной в 24 000 кВт.

Кроме того, разрушение металла от кавитации в процессе эксплуатации гидротурбин происходит неравномерно. В некоторых случаях от момента появления первых признаков разрушения металла до объемных разрушений требуется промежуток времени, который исчисляется двумя-тремя годами. Интенсивность разрушений металла от кавитации, при всех прочих равных условиях, в значительной степени увеличивается с момента образования на поверхностях деталей неровностей, то есть после того, как металл получил какую-то степень разрушения. В значительной степени на интенсивность протекания кавитационной эрозии металла влияет чистота механической обработки металла, а также точность сопряжения деталей друг с другом [2].

К числу причин, вследствие которых происходит образование неровностей на поверхности деталей, могут быть отнесены следующие: риски после механической обработки сегментов камер; зазоры и смещения кромок в стыковых соединениях; утопленные или выступающие головки гужонов при креплении облицовочных листов к камерам; незачищенные усиления металла в сварных швах. Степень разрушения деталей, а также интенсивность протекания процесса разрушения металла от кавитационной эрозии в значительной степени зависят от марки металла, из которого они изготовлены.

Так, например, на одном рабочем колесе гидроагрегата Цимлянской ГЭС были установлены лопасти из различных марок сталей: 30-Л и 20ГС-Л без облицовки, облицованных аустенитной сталью, а также изготовленных из нержавеющей хромистой стали марки 2Х13, наиболее стойкими против кавитационной эрозии являются лопасти, выполненные из нержавеющей хромистой стали. На лопастях из этой стали за трехлетний период эксплуатации кавитационная эрозия отсутствовала вообще, тогда как на лопастях, изготовленных из углеродистой стали, а также низколегированной марки 20ГС-Л, разрушения металла произошли на глубину более 20 мм. Значительные разрушения также наблюдались на лопастях, облицованных аустенитной сталью марки 1Х18Н9Т.

В данном случае разрушение металла на лопастях, выполненных из углеродистых и низколегированных сталей, произошло из-за того, что эти стали имеют более низкую сопротивляемость кавитации по сравнению с хромистой сталью. Что касается разрушений, происходящих на лопастях, облицованных аустенитной сталью, то в этом случае причины заключаются не в низкой сопротивляемости аустенитной стали против кавитации, а в недостаточной механической прочности крепления облицовочных листов к лопастям, то есть наличием зазоров между облицовочными листами и лопастями.

Кавитационная эрозия металла может происходить в самых разнообразных формах. Визуальный осмотр разрушенного металла на камерах рабочих колес и лопастях, а также обработка материалов в лабораторных условиях позволяют установить не только направление и зоны кавитации, но и характер разрушения металла. На камерах рабочих колес, выполненных из литой углеродистой стали марки 30-Л и имеющих механическую обработку с наличием на поверхности рисок, разрушения металла на отдельных гидроэлектростациях происходят с определенной закономерностью: после того как появились начальные стадии кавитационной эрозии, дальнейшее разрушение металла продолжается в направлении имеющихся на поверхности рисок, с образованием отдельных раковин.

При условии, что в металле отсутствуют неметаллические включения, отдельные раковины не образуются, а разрушение его происходит только в направлении рисок с образованием борозд, которые по своему внешнему виду напоминают землю, вспаханную плугом. Характер разрушений на камерах рабочих колес, облицованных листовой сталью марки Ст 3, то есть близкой по своему химическому составу к литой стали 30-Л, имеет совершенно другой вид. Разрушение кавитацией металла в этом случае происходит в виде отдельных раковин в районе головок гужонов.

Неравномерность глубины разрушения металла на поверхностях деталей может быть объяснена не только образованием кавитационных каверн в отдельных зонах камеры рабочего колеса, где бомбардировка при замыкании кавитационных пузырьков достигает максимального значения, но также и состоянием металла. При неоднородности металла, которая обычно в сталях в литом состоянии обнаруживается в виде рыхлостей, газовых пузырей, песочин и других неметаллических включений, кавитационная эрозия происходит в большей степени. В этих случаях наблюдается вымывание этих участков с дальнейшим разрушением металла. При наличии в металле крупных кристаллов разрушение происходит по их границам с образованием резко выраженной столбчатой структуры. По внешнему виду такие разрушения напоминают торосы снега, которые образуются в процессе его таяния, или сахар в период его растворения в воде.

Между структурой металла и его стойкостью против кавитационной эрозии существует прямая зависимость. Как показывают лабораторные испытания, более высокой сопротивляемостью против кавитации обладают металлы, имеющие мелкое зерно. Из этого следует, что поскольку стальное литье больших деталей имеет более укрупненное и неравномерное зерно по сравнению со сталью

в катаном виде, сопротивление его кавитационной эрозии значительно ниже. Большое значение имеет не только макроструктура, но и коррозионная стойкость металла. Этим и объясняется преимущество нержавеющих сталей.

Совершенно недопустимо вести эксплуатацию гидротурбин при высотах отсасывания, не соответствующих данным эксплуатационной характеристики. Некоторые отклонения от эксплуатационной характеристики, наблюдающиеся на действующих машинах, вызываются влиянием масштабного эффекта на кавитацию. Эти вопросы должны являться предметом дальнейшего изучения, так как решение их позволит производить эксплуатацию гидротурбин в таких уточненных режимах, при которых разрушение металла кавитацией будет иметь наименьшее значение.

Современные способы защиты от кавитационных разрушений энергетического оборудования включают использование вакуумно-дуговых покрытий, осажденных на подложках разной ориентации, активные и пассивные методы. Первый метод включает конструктивные и организационные работы, а второй базируется на применении материалов, обладающих повышенной износостойкостью. В настоящее время большинство работ проводится по второму направлению. При этом исследования направлены на изменение поверхностных свойств используемых материалов с целью их повышения посредством применения химико-термической обработки или нанесения защитных покрытий [3].

Нанесение защитных покрытий на поверхности деталей может осуществляться различными способами, однако наиболее эффективным является ионно-плазменный с применением вакуумного дугового разряда (ВДР). При реализации технологии с ВДР имеется возможность получать комбинированные покрытия на основе нитридов, карбидов, боридов различных металлов.

Проведенный анализ показал, что использование современных защитных покрытий, а также проведение регулярных осмотров оборудования и устранение эксплуатационных изменений позволят продлить работоспособное состояние оборудования и увеличить его межремонтный период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шальнев, К.К. Щелевая кавитация как возможная причина эрозии гидроэнергетического оборудования турбинных и насосных установок: дисс. … канд. техн. наук / К.К. Шальнев. – М.: МЭИ, 1949.

2. Работнов, Б.А. Вопросы кавитационной стойкости поворотнолопастных гидротурбин / Б.А. Работнов. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1961.

3. Пирсол, И. Кавитация / И. Пирсол. – М.: МИР, 1975.

К ВОПРОСУ КОМПОНОВКИ МИКРО-ГЭС

Пажитных Д.В., Бондаренко Н.Е. – студенты
Устинова Л.Г. – канд. пед. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Энергетика занимает ведущее положение в промышленности России, от ее развития зависит рост экономики государства. Наша страна имеет большие запасы нефти и газа, которые обеспечивают ее потребности. Но высокая энергоемкость промышленности приводит к нерациональному использованию топливно-энергетических ресурсов, к уменьшению запасов углеводородного топлива, к существенному загрязнению окружающей среды, в том числе парниковыми газами, к глобальному потеплению климата. Поэтому задача разработки альтернативной энергетики, а значит, и реализация проектов микро-ГЭС является актуальной.

Ценность ГЭС состоит в том, что для производства электрической энергии используются возобновляемые природные ресурсы.

Разработка и производство гидротехнических сооружений для выработки электрической энергии в количестве, достаточном для обеспечения малых населенных пунктов или небольших производств в отдаленной и труднодоступной местности, где ведение централизованной сети линии электропередачи приводит к большим затратам и потерям, а следовательно, к удорожанию стоимости электроэнергии, позволяют обеспечить индивидуальных потребителей качественной и сравнительно недорогой электроэнергией.

Микро-ГЭС, применяемые в малонаселенной местности и условиях труднодоступности для проведения централизованных линий подачи электроэнергии потребителям, должны обеспечивать от 1 до 7 кВт и более на реках и каналах со скоростью течения от 1,7 до 2,5 м/с и выше.

Свободнопоточные микро-ГЭС не требуют строительства напорных гидротехнических сооружений, в частности установки плотин, а используют свободное течение реки. Условием работы таких турбин является возможность свободного обтекания гидроагрегата естественным напором воды. Это позволяет избежать многих проблем, в частности экологических. Соответственно, стоимость и время ввода в эксплуатацию таких сооружений значительно меньше, а значит, снижается стоимость 1 кВт такой ГЭС.

Свободнопоточная микро-ГЭС использует не потенциальную, а кинетическую энергию, которая извлекается из водного напора. Рассмотрим турбину микро-ГЭС, использующую свободный поток падающей воды. Для нахождения количества электроэнергии потока воды применим методику Ю. П. Гашинского [1]. Используем уравнения:

$$P = 0{,}098\,Q\,H\,; \quad n = Q\,s\,g\,H\,; \quad Q = \pi\,d^2\,v/4; \quad N_{\text{стр}} = \pi\,d^2 s\,v^3/8\eta\,,$$

где P – мощность, Вт; Q – расход воды, л/с; H – полный гидростатический напор, м; n – скорость вращения работающего рабочего колеса – турбины, об/мин; $N_{\text{стр}}$ – мощность струи потока; S – сечения потока, м^2; g – ускорение свободного падения; d – диаметр рабочего колеса, м; η – КПД турбины; v – скорость течения, м/с.

Исходные данные:

$Q = 0{,}09 - 0{,}29$ м^3/с; H = 0-5 м; $S = \dfrac{n}{Q\,g\,H}$;

$g = 9{,}8$ м/с; $v_{\text{вх}} = 4$ м/с; $v_{\text{вых}} = 2$ м/с.

Вычислим мощность потока P_n при наибольших значениях:

$$P_n = \rho Q\left(g\,H + \frac{v_{\text{вх}}^2 - v_{\text{вых}}^2}{2}\right);$$

$$P_n = 1000 \cdot 0{,}09 \cdot \left(9{,}8 \cdot 0 + \frac{4^2 - 2^2}{2}\right) = 540 \text{ Вт.}$$

Учитывая η КПД турбины с двигателем, мощность микро-ГЭС равна

$$P_{\text{ГЭС}} = 0{,}098\eta P_n.$$

При изменении η меняется и количество вырабатываемой электрической энергии:

$$P_{\text{ГЭС}} \le 10 \text{ кВт.}$$

Значительным минусом свободнопоточной ГЭС является невозможность извлечь из потока всю его кинетическую энергию. Увеличив гидростатический напор воды во втором расчете, получим прирост мощности.

Имея следующие исходные данные: $Q = 0{,}09 - 0{,}29$ м^3/с; H = 0-5 м; $v_{\text{вх}} = 4$ м/с; $v_{\text{вых}} = 2$ м/с, вычислим мощность потока

$$P_{\text{п}} = 1000 \cdot 0{,}09 \cdot \left(9{,}8 \cdot 0{,}666 + \frac{4^2 - 2^2}{2}\right) = 1127{,}5 \text{ Вт.}$$

Мощность микро-ГЭС

$$P_{\text{ГЭС}} \le 50 \text{ кВт.}$$

Для обработки результатов расчетов, описанных приведенными выше уравнениями, авторами создана программа. Найдены зависимости мощности турбины малогабаритной энергетической установки от скорости течения воды (табл. 1). Полученные расчетом данные дают основание говорить, что зависимость мощности турбины от скорости течения реки является кубической (рис. 1) и подтверждают полуэмпирическую формулу для вычисления мощности свободнопоточных турбин:

$$P = k\,v^3\,S\,\rho,$$

где P – мощность турбины; $v = v_{вх}$; S – площадь сечения турбины; ρ – плотность воды; k – эмпирический коэффициент, зависящий от типа турбины (k = 0,10-0,35).

Таблица 1

Результаты расчета мощности турбины

d,м\ V, м/с	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,5	0,67614	5,40914	18,2558	43,2731	84,5178	146,047	231,917	346,185
0,8	1,73093	13,8474	46,735	110,779	216,366	373,88	593,707	886,234
1	2,70457	21,6366	73,0234	173,093	338,071	584,187	927,668	1384,74
1,2	3,89458	31,1567	105,154	249,253	486,823	841,23	1335,84	1994,03
1,5	6,08528	48,6823	164,303	389,458	760,66	1314,42	2087,25	3115,67
1,8	8,76281	70,1025	236,596	560,82	1095,35	1892,77	3005,64	4486,56
2	10,8183	86,5463	292,094	692,37	1352,29	2336,75	3710,67	5538,96
2,2	13,0901	104,721	353,433	837,768	1636,27	2827,47	4489,91	6702,14
2,5	16,9036	135,229	456,396	1081,83	2112,95	3651,17	5797,92	8654,63
2,8	21,2038	169,631	572,503	1357,05	2650,48	4580,03	7272,91	10856,4
3	24,3411	194,729	657,211	1557,83	3042,64	5257,68	8349,01	12462,7

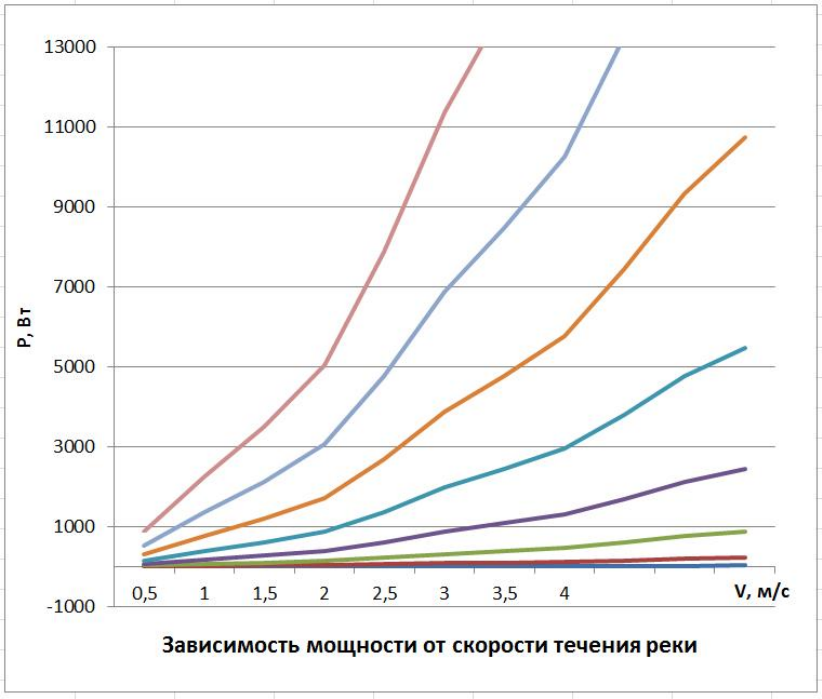

Рис. 1.

Внося изменения в исходные данные (табл. 2), получаем аналогичные сочетания мощности и скорости реки (рис. 2), которые дают основание сделать вывод, что при определенных условиях использование микро-ГЭС является целесообразным в районах с низкой плотностью населения.

При сравнении таблиц видно, что мощность микро-ГЭС возрастает, если появляется гидростатический напор. Как правило, водоемы такого типа находятся в горных районах, которые труднодоступны для проведения линий

электропередачи. Поэтому установка микро-ГЭС в таких районах особенно актуальна.

Таблица 2

Результаты расчета мощности турбины

d,м\ V, м/с	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0,5	4,41755	35,3404	119,2738632	282,7232	552,1938	954,1909	1515,22	2261,786
0,8	11,30893	90,47143	305,3410898	723,7715	1413,616	2442,729	3878,963	5790,172
1	17,6702	141,3616	477,0954528	1130,893	2208,775	3816,764	6060,879	9047,143
1,2	25,44509	203,5607	687,017452	1628,486	3180,636	5496,14	8727,666	13027,89
1,5	39,75795	318,0636	1073,464769	2544,509	4969,744	8587,718	13636,98	20356,07
1,8	57,25145	458,0116	1545,789267	3664,093	7156,432	12366,31	19637,25	29312,74
2	70,68081	565,4465	1908,381811	4523,572	8835,101	15267,05	24243,52	36188,57
2,2	85,52378	684,1902	2309,141991	5473,522	10690,47	18473,14	29334,66	43788,17
2,5	110,4388	883,5101	2981,84658	7068,081	13804,85	23854,77	37880,5	56544,65
2,8	138,5344	1108,275	3740,42835	8866,201	17316,8	29923,43	47517,29	70929,6
3	159,0318	1272,255	4293,859075	10178,04	19878,98	34350,87	54547,91	81424,29

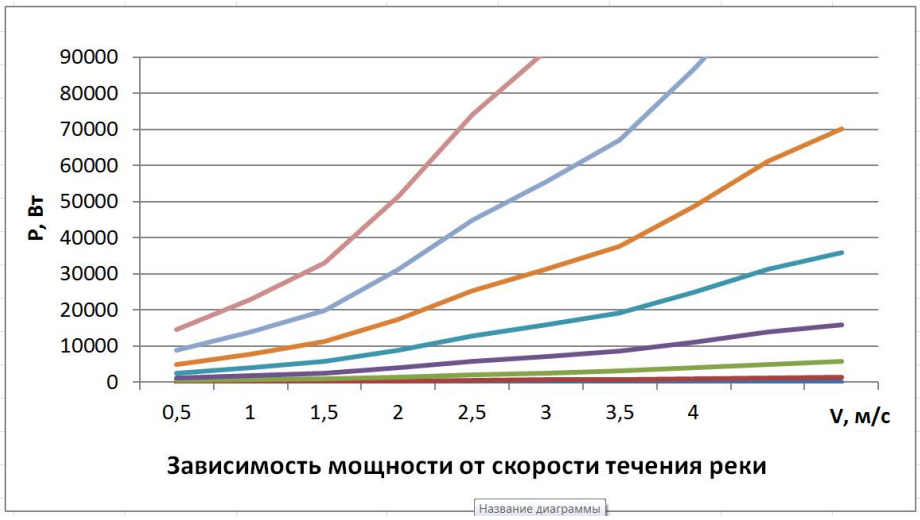

Рис. 2.

Приведенные расчеты показали необходимость проведения опытных испытаний с целью достижения оптимальных результатов работы новых и уже существующих типов турбин, применяемых на микро-ГЭС.

Таким образом, при проектировании микро-ГЭС одним из наиболее простых способов повышения эффективности системы в целом является выбор оптимальных вариантов компоновки оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гашинский, Ю.П. Методика расчета, обзор конструкций и компоновка микро-ГЭС. http://creeed.net/wp-content/uploads/2013/06/Gashihsky%20HPP.pdf

2. Лукутин, Б.В. Автономное энергоснабжение от микро-ГЭС: Монография / Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, Е.Б. Шандарова. – Томск, 2001. – 104 с.

ДЕМПФИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ В МЕТАЛЛАХ С НЕОДНОРОДНОЙ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Кульков В.Г. – д-р физ.-мат. наук, профессор
Цирульников П.П. – магистрант
Филиал ФГБОУ ВО «НУИ «МЭИ» в г. Волжском

Шумы и вибрации не только вредны для оборудования, но также влияют и на экологию. Вибрация гасится либо конструктивно (демпферы, пружины и т. д.), либо применением материалов, которые сами по себе их поглощают. Внутреннее трение в материалах является механизмом диссипации энергии и может быть использовано как способ гашения вибрации.

Проблема механизма фона внутреннего трения в металлах до настоящего времени является актуальной. В связи с этим рассматривается несколько возможных механизмов его происхождения. Взаимное смещение зерен вдоль общей границы является одним из основных видов деформации поликристаллов. В данной работе исследуется величина внутреннего трения, обусловленного проскальзыванием по плоской границе зерен, содержащей ступеньки чередующихся противоположных знаков.

Рассматривается модель границы на рис. 1, представляющая цилиндрическую поверхность с направляющей ломаной с прямолинейными параллельными отрезками длины 2*l*, соединенными нормальными к ним ступеньками величины *d*.

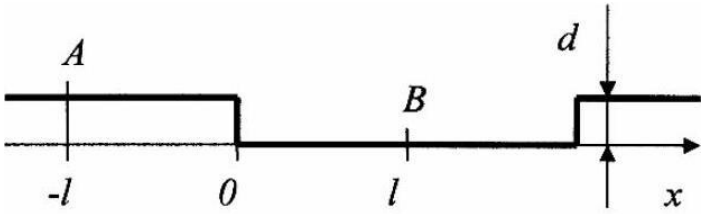

Рис. 1. Фрагмент границы со ступеньками противоположных знаков

К границе приложено переменное напряжение простого сдвига вдоль плоских участков амплитуды σ_0 и частоты ω. На ступеньках возникают переменные напряжения сжатия и растяжения, под действием которых происходит диффузия вакансий между ступеньками. Задача диффузии вакансий является одномерной.

Из решения диффузионной задачи [1] можно найти выражение для внутреннего трения

$$Q^{-1} = \frac{2\theta G l \cos(\varphi_2 - \varphi_1)\sqrt{F(2\gamma l)}}{R^2 \eta \omega}\left[(\sin(2\gamma l) + \lambda F(\gamma l))^2 + (\mathrm{sh}(2\gamma l) + \lambda F(\gamma l))^2\right]^{-0.5}.$$

Здесь $\mathrm{tg}\varphi_1 = \dfrac{\sin 2l\gamma - \mathrm{sh}2l\gamma}{\sin 2l\gamma + \mathrm{sh}2l\gamma + 2\lambda F(\gamma l)}$, $\mathrm{tg}\varphi_2 = \dfrac{\sin 2l\gamma - \mathrm{sh}2l\gamma}{\sin 2l\gamma + \mathrm{sh}2l\gamma}$, $F(z) = \sin^2 z + \mathrm{sh}^2 z$.

θ – геометрический коэффициент; G – модуль сдвига; R – усредненный размер зерна; ω – частота колебаний; $\eta = \eta_0 \exp\left(-\frac{E_s}{kT}\right)$ – вязкость границы.

Приведенное выражение описывает так называемый фон внутреннего трения. Его величина монотонно растет с температурой по экспоненциальному закону. Энергию активации процесса определяют, как правило, по наклону графика зависимости $\ln\left(Q^{-1}T\right)$ от обратной температуры. Для построения такого графика необходимо знать температурную зависимость эффективной вязкости границы $\eta(T)$ или ее податливости $\eta^{-1}(T)$. Ее обычно принимают в экспоненциальном виде с энергией активации, равной или меньшей энергии активации зернограничной диффузии $\xi = E_s/E_b$. Здесь параметр ξ может принимать значения от 0,1-0,2 до 1,0. Энергия активации зернограничной вязкости E_s напрямую зависит от ее атомной структуры и может принимать некоторый интервал значений, хотя чаще всего это энергия активации диффузии по границе.

Параметр $\lambda = \upsilon_s/\upsilon_d$ имеет смысл отношения скорости собственного проскальзывания по границе без ступенек и скорости неконсервативного процесса, реализуемого диффузией между ступеньками. Его можно представить в виде $\lambda = \beta x^{-1} \exp(\alpha(1 + x - 2\xi x))$. Здесь $\beta = d^2 kT_0 / 4D_{b0}\delta\Omega^2 C_{b0}\eta_0$, $\xi = E_s/E_b$, $\alpha = E_b/2kT_0$, $x = T_0/T$, T_0 – температура, при которой диффузионная длина вакансий равна длине плоского сегмента; D_{b0} – предэкспоненциальный множитель коэффициента диффузии; Ω – атомный объем; C_{b0} – равновесная концентрация вакансий на границе; k – постоянная Больцмана; δ – ширина границы; E_s и E_b – энергии активации проскальзывания по плоской границе и граничной самодиффузии.

Расчеты, проведенные для модельного бикристалла с характерными значениями величин β и ξ, представлены на рис. 2 и 3.

Согласно рис. 3 энергия активации фона внутреннего трения в области высоких температур больше, чем в области низких температур, почти в два раза. Соотношение тангенсов наклона, обозначенное как Δ на кривой для этих областей температур в зависимости от предэкспоненциального множителя $\lambda(T)$, представлено на рис. 4.

По наклону графика к оси абсцисс на рис. 2 можно определить энергию активации зернограничного проскальзывания.

Подобное поведение фона внутреннего трения наблюдается и в других неоднородных системах, таких как фасетированные границы зерен или гранулированные нанокомпозиты. Изменение энергии активации фона обсуждалось также в [2] с позиций взаимоотношения диффузионной длины и периода неоднородности структуры твердых тел.

По результатам расчета максимальные и минимальные значения Δ, в зависимости от β и ξ составляет от 1,02 до 1,8254, что показывает отношение

энергии активации фона внутреннего трения в области высоких температур к энергии активации в области низких температур.

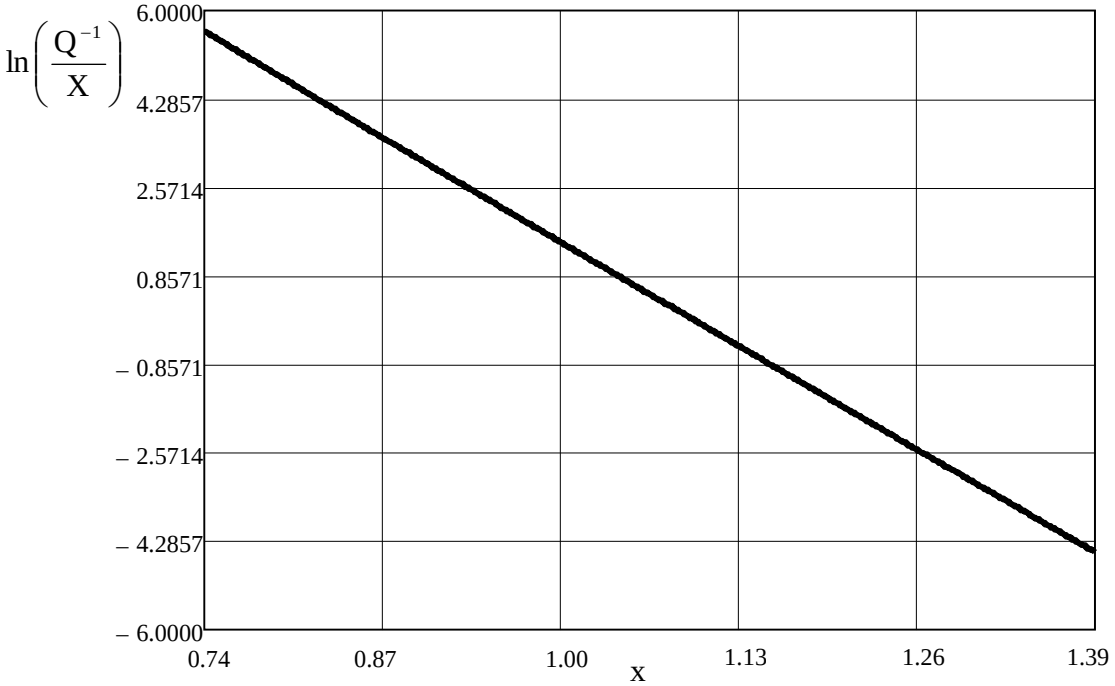

Рис. 2. Зависимость внутреннего трения от обратной температуры.

$$\beta = 0{,}01,\ \ \xi = 1,\ \ \frac{tg}{tg} = 1{,}02,\ \ X = 0{,}74 - 1{,}40.$$

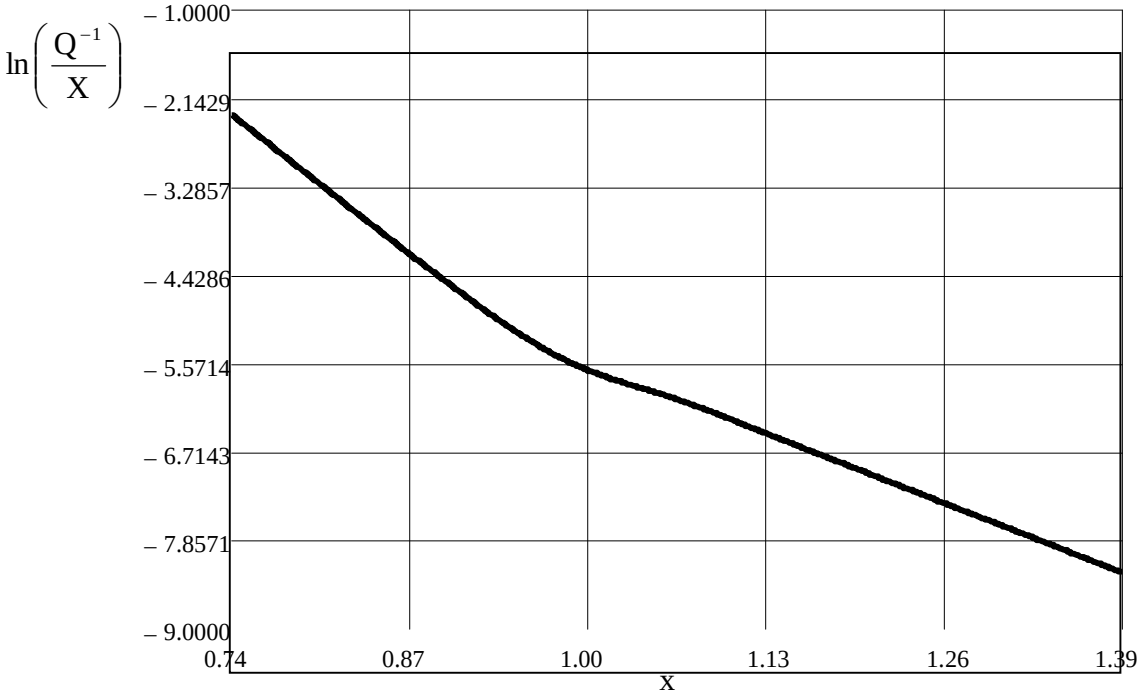

Рис. 3. Зависимость внутреннего трения от обратной температуры

$$\beta = 1000,\ \ \xi = 1,\ \ \frac{tg}{tg} = 1{,}8244,\ \ X = 0{,}74 - 1{,}40.$$

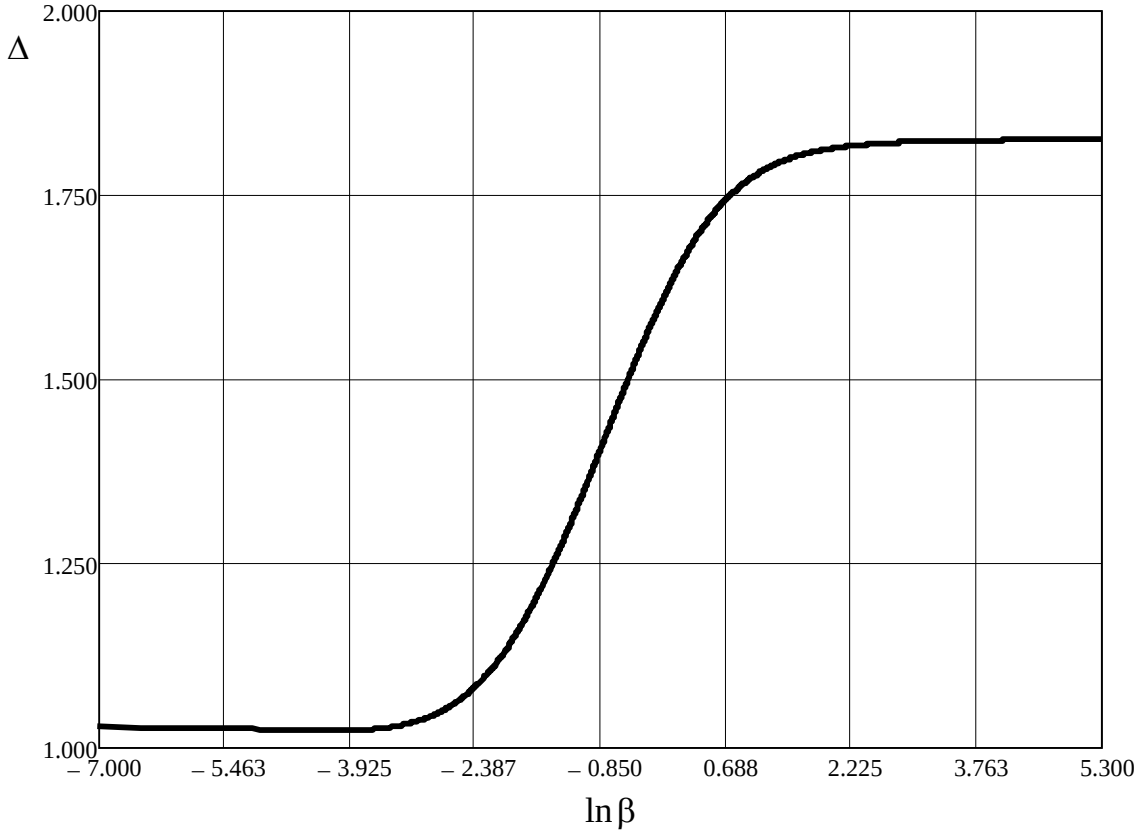

Рис. 4. Отношение тангенсов углов наклона для кривой внутреннего трения $\xi = 0{,}8$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кульков, В.Г. Релаксационные процессы на границах зерен в металлах / В.Г. Кульков. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2015. – 162 с.

2. Калинин, Ю.Е., Даринский, Б.М. Высокотемпературный фон внутреннего трения в твердых телах / Ю.Е. Калинин, Б.М. Даринский // Научно-технический журнал МиТОМ. ISSN 0026-0819. – 2012. – № 5. – С. 15-18.

О ПРОБЛЕМЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕРРИТОРИЮ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ (НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ)

Коновский М.С.[1] – студент
Ганжа О.А.[2] – канд. техн. наук, доцент
[1]Московский авиационный институт филиал «Взлет» МАИ
[2]Института архитектуры и строительства ВолгГТУ

Река Волга всегда отличалась уникальными рыбными богатствами. До зарегулирования русла реки плотинами гидроэлектростанций (ГЭС) добыча рыбы в ней составляла более 700 тыс. т: 190 тыс. т судака, сазана и леща; 140 тыс. т сельди, более 260 тыс. т воблы. Здесь же добывалась и основная

масса осетровых (белуги, севрюги, осетра, стерляди) России: в 1910-1913 гг. – по 30 тыс. т. Однако в настоящее время уловы снижены в несколько десятков раз и изменены по качественному составу. По официальной статистике в 2001 г. добыто только 450 т осетровых, улов сельди составил только 130 т. По Астраханской области и Калмыкии, которые являются основными рыбодобывающими регионами бассейна, в 2000 г. вылов остальных видов достиг 84 тыс. т, в улове преобладала килька (40 тыс. т).

В 80-е годы прошлого века перед плотиной Волгоградской ГЭС осетровые рыбы скапливались в количестве более 1 млн шт. (из которых только осетров было более 600 тыс. шт.). Общий вес осетровых достигал 8 тыс. т. В последние годы вылов осетровых пород запрещен, а добыча остальных пород рыб не оправдывает затрат на организацию лова. Объяснить столь резкую убыль только «браконьерством» неправильно. Наблюдаемое явление обусловлено в основном антропогенным воздействием хозяйственной деятельности человека, так называемым «преобразованием природы».

Высокая продуктивность реки Волги обусловлена главным образом следующими, действующими совместно, факторами:

– во-первых, тем, что река впадает в мелководное (особенно в северной части) Каспийское море, которое обеспечивает отличную кормовую базу для различных видов рыб;

– во-вторых, ежегодным наступлением весенне-летнего половодья, когда не менее как на 4 месяца долина реки от Каспийского моря до Валдайской возвышенности на расстоянии 3700 км заливается водой, достигая в некоторых участках ширины в несколько десятков километров. До наступления процесса зарегулирования Волги даже в самые маловодные годы гигантские рыбные стада не испытывали серьезных нарушений в их нересте и нагуле, так как существовала тесная взаимосвязь с естественно развивающимися природными процессами, к которым все живое приспособилось за продолжительные периоды времени. В пойменно-дельтовой системе рыбные вилы успешно размножались и затем продолжительное время откармливались, завершалось половодье, река входила в свои берега, и залитая суша высыхала. Но сохранялась пойменная система верхнего участка (сейчас эта территория находится под водами водохранилищ), дельта Волги и ее продолжение – обширная Волго-Ахтубинская пойма. В огромном количестве ериков и озер разного типа, а также в русле реки скатившиеся с полоев рыбы находили и после половодья оптимальные условия для местообитания. Особенно хороши эти участки для молодых рыб, из которых и формируется будущий улов. В силу благоприятных климатических условий, особенностей водных экосистем, в том числе и заливаемых водой участков суши, озера и ерики обладают чрезвычайно высокой рыбо- и ракопродуктивностью, представляют особую ценность.

Волга с притоками, ее рукава, в том числе и река Ахтуба, территория Волго-Ахтубинской поймы и Каспий вместе составляют единую Волго-Каспийскую экосистему, которая по пространству соответствует Волго-Каспийскому бассейну.

Поэтому подход к рациональному использованию природных ресурсов данного региона должен учитывать указанный факт.

Вполне понятно, что общее функционирование Волго-Каспийской экосистемы определяется главным критерием – гидрологическим режимом, который формируется ландшафтными и климатическими особенностями и регулируется процессами солнечной активности. Глобальные природные процессы (погодные явления) и климат наиболее «стабильны» и именно они сформировали в процессе эволюции соответствующую флору и фауну, а также и адаптацию ее представителей, которые в том числе полностью обусловлены гидрологическим режимом. У каждого вида выработаны определенные приспособления для осваивания всего пространства Волго-Каспийского бассейна. Развивающиеся в природе годовые процессы четко и своевременно определяли все моменты жизни объектов животного и растительного мира.

Искусственно созданные режимы в Волго-Каспийском бассейне формируют гидрологические процессы, не подчиняющиеся природным процессам, что, в свою очередь, приводит к ресинхронизации природных явлений с физиологическими процессами у всех представителей живых организмов этого региона, в том числе и у рыб. Не имея возможности в настоящее время обеспечить нормальное функционирование Волго-Каспийской экосистемы, необходимо определить пути минимизации негативных воздействий. Это не исключит негативные явления полностью, но поспособствует сохранению биоразнообразия и функционированию части природных комплексов в условиях существования гидроэнергетического каскада в бассейне реки Волги.

Одним из мероприятий может быть поддержка оптимального функционирования системы Волго-Ахтубинской поймы, природный комплекс которой пребывает в настоящее время в стадии деградации. Чтобы принять правильные решения, необходимо учитывать в практической деятельности особенности природных процессов и физико-географические характеристики региона Волго-Ахтубинского междуречья: в верхней части поймы – от начала до г. Ахтубинска (160-180 км) русло Ахтубы расположено выше русла Волги по верхнему горизонту воды и существенно больше по его подошве. Если непосредственно у плотины «в истоке» разница в уровнях Ахтубы и Волги ранее не наблюдалась, то по мере удаления от плотины поверхность воды русла Ахтубы оказывается все выше русла Волги. Отметки абсолютного значения над уровнем моря по профилям рек Волга – Ахтуба приведены в таблице.

Проведенные сравнения убедительно доказывают приподнятость Ахтубинского русла и существующий уклон водотоков от Ахтубы к Волге. Такое геологическое строение обуславливает то, что верхняя часть Волго-Ахтубинской поймы заполняется водой, в первую очередь из Ахтубы. Именно водоток этого рукава задерживается по левостороннему, наиболее обширному, пространству поймы практически не соединяясь с Волгой. Далее эти водотоки текут раздельно до г. Ахтубинска, где русла Волги и Ахтубы имеют одинаковые значения уровней горизонта и приближаются друг к другу до 6 км.

Водоток реки Волги начинает заходить в пойму, когда уровень поднимется на 2,0-2,5 м выше, чем в реке Ахтубе. Но так как западная часть суши поймы, расположенная ближе к руслу Волги, приподнята, то заполнение ее водой в процессе половодья происходит при еще более высоких горизонтах и Волга заливает лишь незначительную площадь пространства поймы вдоль своего русла (до 6-8 км шириной). К тому же волжские воды существенно раньше и быстрее возвращаются в русло.

Значения отметок абсолютного значения над уровнем моря по профилям рек Волга – Ахтуба

Наименования участков	Значения отметок абсолютного значения над уровнем моря
Денежный – Киляковка	–11,3
ВДСК – Заяр	–12,3 и –11,5
Светлый Яр – Заплавное	–13,4 и –11,9
Покровка – Ленинск	–14,6 и –12,6
Солодники – Колобовка	–15,2 и –13,5
Капустин Яр – Грачи	–15 и –16
Ахтубинск	–18

Между тем необходимо отметить, что основная масса пропускаемого через плотину объема воды проходит по руслу реки Волги, имеющей больший уклон. Так, по проведенным исследованиям по руслу Волги в половодье проходит основная масса воды – не менее 90 %, тогда как на Ахтубу с территорией поймы остается не более 10 %. А это значит, что при сбросе в объеме 29 тыс. куб. м/с по Волге идет 25,5 тыс. куб. м/с, а по Ахтубе с поймой 3,0 тыс. куб. м/с. В межень данное соотношение еще разительнее – через Ахтубу проходит не более 5 % от всей протекающей воды. Таким образом, наполнение водой Волго-Ахтубинской поймы – непрямой результат количества пропускаемой воды через плотину.

В естественном режиме (до сооружения ГЭС) воды половодья вливались в пойму через следующие ерики (начиная сверху от истока): Старая Ахтуба (у Киляковки), далее – Бугроватый (у Красного сада), Клоков (у Заплавного), Старая Ахтуба и Бугай (против поселка Средняя Ахтуба у Калинина), Татарский проран (у Бахтияровки), Проран (у Ленинска), Язевка, Собачка, Узкая Ахтуба (у Маляевки). Наиболее мощным и длинным ериком является Старая Ахтуба, начинающаяся у Калинина и пересекающая всю центральную часть поймы до пос. Стасов (Астраханская область). Остальные ерики более короткие. Тем не менее, они образуют густую сеть водотоков, обеспечивая заполнение водой в половодье всего пространства Волго-Ахтубинской поймы. Только через самую верхнюю систему ериков: Старая Ахтуба (у Киляковки) – Пахотный – Кашира – Булгаков, Ахтуба имеет связь с Волгой. И здесь вода Ахтубы попадала и частично попадает в Волжское русло. От этих ериков отходят другие водотоки, пронизывающие территорию, тяготеющую к руслу Волги (Калинов, Громок, Яроватый, Песчанка и др.). Необходимо отметить, что уровень в пойме во время

нормального современного половодья достигает чуть более 3 м от минимального (на примере оз. Бесчастного), хотя в ериках это изменение может составлять 5-6 м.

Чтобы сохранить уникальную Волго-Ахтубинскую пойму, необходимо обеспечить ее достаточной водностью, «приподняв» водный поток Ахтубы и увеличив количество поступающего в нее объема воды. При этом следует учитывать, что проведение дноуглубительных работ, расчистки русла реки Ахтубы не будут способствовать направлению воды в пойму. Это, наоборот, осушит ее, так как ерики и озера располагаются выше русла, и произойдет «слив» водотоков и водоемов через подземные горизонты и ерики.

Глобальные изменения (например, возврат к естественному речному режиму) в бассейне Волги в условиях существования каскада плотин ГЭС и водохранилищ) невозможны. Поэтому в настоящее время реально решить проблему обводнения поймы подачей воды в русло реки Ахтубы не через существующий канал, а специальным водоводом в «затон» у плотины (бывший исток Ахтубы) непосредственно из существующего Волгоградского водохранилища.

Решение проблемы сдерживается только техническим решением подачи воды, правильнее всего сделать специальный регулируемый водовод. На этапе строительства подача необходимого объема воды в реку Ахтубу может быть организована мобильными перекачивающими насосными агрегатами через верх плотины, подобно тому, как это реализуется в Каширинском и Краснослободском трактах. Когда вода из водохранилища будет направляться в затон Ахтубы, указанные тракты будут заполняться водой естественным путем, так как они имеют уклон к Волге. Сооружение водовода не потребует строительства специального «вододелителя». Им может служить остров Зеленый, так как водный поток пойдет по бывшему руслу Ахтубы. Может возникнуть потребность в некотором уменьшении живого сечения устья канала, чтобы предотвратить утечку воды обратно в Волгу. Однако эта задача не сложная и не потребует значительных расходов. В период максимума половодья воды, поступающие из русла Волги, будут переливаться в Ахтубу.

Какой мощности должен быть водовод, чтобы пропустить достаточно воды? Естественно, это требует специальных исследований и расчетов. Однако если следовать логике, то предварительно можно говорить о следующем. При производимом в настоящее время попуске через плотину объема 17,0 тыс. куб. м/с пойма начинает заливаться водой. Это значит, через Ахтубу и пойму идет около 1,9 тыс. куб. м/с. А если объем воды 1,9 тыс. куб. м/с подавать в Ахтубу напрямую, то в пойму можно будет подавать в любое время года независимо от того, сколько воды будет идти по Волге. Можно предположить, что пойма будет заполняться достаточно быстро. В период межени уровень в русле Ахтубы должен быть в идеале на 2-3 м выше существующего. Отсюда объем попуска воды в Ахтубу должен быть, вероятно, около 0,5-0,7 тыс. куб. м/с.

При реализации устройства специального водовода создается основа для регулирования подачи воды в реку Ахтубу и, соответственно, в Волго-Ахтубинскую пойму в любой период года и в необходимом режиме. Создаются

возможности для осуществления контроля за состоянием водотоков и водоемов поймы (водность, уровень, температурный режим, химический состав воды и т. п.). После более глубокого изучения появится возможность разработки режима подачи воды в пойму по возникшим сценариям ситуации того или иного года. Восстановление кормовой базы в виде рыбного стада, зоопланктона и зообентоса поймы скажется положительно на состоянии осетровых, белорыбицы, сельди и других видов проходных рыб.

На стадии реализации проекта отдельного водовода необходимо продолжить попуск воды в половодье в прежнем среднемноголетнем режиме (конечно, ни в коем случае не ориентируясь на катастрофические 2006-2007 гг.). При этом, чтобы удовлетворить требования рыбного хозяйства, нельзя начинать попуск воды рано (оптимальным вариантом является с 12-19 апреля), следует плавно доводить его до максимального сброса (желательно около 28 тыс. куб м/с) до 5-12 мая. Далее должно быть сохранение пика половодья не менее 10 суток (период инкубации икры основных видов рыб), а затем – опять же плавное снижение попуска до «рыбной полки» (около 16 тыс. куб м/с). «Рыбная полка» должна выдерживаться, как минимум, до июня. За пример близкого к оптимальному можно принять 2004 и 2009 гг. Предлагаемый режим половодья, по наблюдениям авторов, наиболее близок к требованиям и условиям местообитания водных и наземных объектов животного мира и соответствует климатическим процессам (хотя и он далек от идеального состояния).

В заключение необходимо обратить внимание на то, что в условиях работы гидроэлектростанций лишь подача воды непосредственно в русло Ахтубы в самом ее начале у плотины ГЭС может в определенной мере решить проблему обводнения Волго-Ахтубинской поймы в тот или иной период года, поддержания в ней соответствующего благоприятного режима для гидробионтов и др. объектов животного и растительного мира, увеличения запасов рыб. При реализации данного предложения будут понесены минимальные материальные затраты и средства. Необходимо учитывать, что никакие запреты на ограничение использования биоресурсов – вылова рыбы, раков, ни запреты на какую-то другую деятельность и даже интенсивное искусственное воспроизводство не обеспечат устойчивое состояние экосистемы поймы, если не будет оптимального, как в количестве, так и во времени, поступления воды.

Создание оптимальных условий для воспроизводства и обитания рыб в пойме при грамотном обеспечении водоподачи существенно приблизит их к требованиям гидробионтов в тот или иной период года. После более глубокого изучения появится возможность разработки режима подачи воды в пойму по складывающейся ситуации того или иного года. Естественно, что положительный эффект будет достигнут и для остальных составляющих природный комплекс организмов поймы. Будут отработаны режимы функционирования ериков, в том числе и системы – Пахотного – Каширы – Булгакова – реки Волги. Соответственно, через Калинов, Яроватый, Песчанку, Громок, Петлеватый и др.

улучшится обводнение «приволжского» пространства поймы и самой верхней Среднеахтубинской части поймы.

После выполнения мероприятий по обводнению территории поймы специальным водоводом по руслу реки Ахтубы следует ожидать быстрого увеличения численности частиковых рыб за счет интенсивного воспроизводства и обеспечения нормального существования их во время зимовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травушкин, Н. У Волги, у Каспия / Н. Травушкин // Серия «Литературная карта РСФСР». – М.: Современник, 1985. – 304 с.
2. Атлас Астраханского края. – М., 1997.
3. Астраханский заповедник. [Электронный ресурс]: http://astrakhanzapoved.ru/
4. WWW/ Wikipedia/ ru. Экосистема Астраханской области.
5. Никифорова, Н.А., Протасевич, Г.Н. Природа нашего края / Н.А. Никифорова, Г.Н. Протасевич. – Астрахань, 2010.
6. Волго-Ахтубинская пойма. [Электронный ресурс]: www.wikipedia.ru.
7. География Астраханской области. [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki.

АНАЛИЗ ВЫРАБОТКИ МОЩНОСТИ И ПОТЕРЬ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЧЕБОКСАРСКОЙ ГЭС

Попов К.А., Хлынов Д.С. – студенты
Рябов А.Ю. – магистрант
Стрижиченко А.В. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время актуальными являются вопросы загрузки электростанций, а также анализа и снижения потерь электроэнергии при выработке и передаче. На эффективность выработки электроэнергии и выдачи мощности влияет множество факторов. В качестве примера рассмотрим филиал ПАО «РусГидро» – «Чебоксарская ГЭС».

Ограничение на выработку мощности Чебоксарской ГЭС накладывает ее недостроенное водохранилище, так как строительство Чебоксарского гидроузла, начатое в 1968 г., не завершено вплоть до настоящего времени из-за противоречий в вопросах модернизации водохранилища для достижения оптимальной отметки верхнего бьефа. Согласно проекту, нормальный подпорный уровень (НПУ) составляет 68 м, но с 1981 г. Чебоксарская ГЭС функционирует на пониженной отметке, равной 63 м, в условиях незавершенного обустройства зоны водохранилища, и этот фактор приводит к ряду экономических, технических и экологических сложностей. При НПУ 68 м расчетная среднегодовая выработка электроэнергии на Чебоксарской ГЭС составляет 3500 кВт·ч, а при НПУ 63 м – 2200 кВт·ч. Из этого видно, что проблема недостроенного водохранилища существенно отражается на выработке станции в целом. Работа на проектном уровне напора позволила бы повысить технико-экономическую эффективность станции.

В настоящее время при отметке НПУ 63 м площадь землеотводов водохранилища составляет 51,7 % (111,833 тыс. га) от проектного уровня НПУ 68 м (216,246 тыс. га). Текущая отметка верхнего бьефа отрицательно сказывается на работе электростанции. Значения напора, при которых эксплуатируется Чебоксарская ГЭС, приведены в таблице и на рис. 1.

Средний фактический среднемесячный напор, м

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
январь	11,28	10,01	10,92	12,09	11,66	10,05	9,86	12,07	10,45
февраль	11,17	10,11	10,87	11,19	11,20	9,95	9,79	12,19	10,73
март	10,07	9,89	10,90	11,43	11,34	9,50	9,76	12,24	10,43
апрель	8,05	8,85	8,41	10,18	9,34	7,62	9,42	10,67	8,25
май	9,66	9,13	9,10	9,25	7,21	7,07	10,50	10,22	8,46
июнь	10,25	9,79	10,53	10,56	9,72	9,85	10,28	9,97	10,02
июль	10,16	10,15	11,30	10,66	10,10	11,02	10,43	10,18	10,43
август	10,47	10,66	11,92	10,90	10,37	10,35	10,69	10,25	10,70
сентябрь	10,68	11,10	12,63	11,34	10,45	10,39	11,25	10,02	11,18
октябрь	10,43	11,62	12,85	11,51	10,38	9,89	11,92	10,31	11,32
ноябрь	9,96	11,79	12,89	11,53	8,84	9,83	11,80	10,16	11,36
декабрь	9,21	10,26	12,10	11,34	9,33	9,95	11,72	9,90	11,37
	10,42	**10,71**	**11,94**	**11,32**	**10,29**	**10,18**	**10,93**	**10,64**	**10,94**

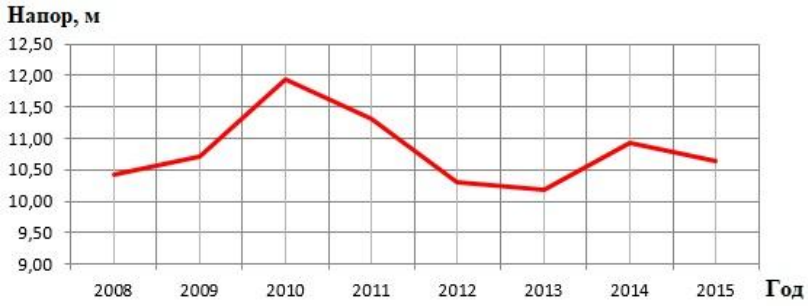

Рис. 1. Средний фактический напор за год, м

В здании ГЭС установлено 18 гидроагрегатов, 9 из которых с поворотно-лопастными турбинами и 9 – с заваренными лопастями, типа ПЛ 811-ВБ-1000, которые рассчитаны на напор 18,9 м. Но, как видно из таблицы, максимальный напор, который был зафиксирован за последние 10 лет, составляет 12,24 м в период половодья. В период же водосброса напор на Чебоксарской ГЭС колеблется в промежутке от 7 до 10 м. Таким образом, видно, что турбины на станции работают в нерасчетных условиях, что отрицательно сказывается на энергоэффективности гидроэлектростанции. Чебоксарская ГЭС используется не более чем на 60 % проектной мощности, ежегодная недовыработка электроэнергии составляет 1,43 млрд кВт·ч. Особенно стоит отметить, что такой режим работы станции отрицательно влияет на техническое состояние гидросилового оборудования, длительная работа гидроагрегатов на непроектном уровне приводит уменьшению заявленного срока годности.

Из-за того что Чебоксарская ГЭС не работает на проектной мощности, она не может покрывать пиковые нагрузки в объединенной энергосистеме Средней Волги в полной мере. Оптимальные условия работы Чебоксарской ГЭС в объединенной энергосистеме Средней Волги позволили бы снизить базисную мощность, выдаваемую тепловыми электростанциями в энергосистему (на рис. 2 и 3 базисная мощность указана черным цветом), что положительно повлияло бы на экологическую обстановку в регионе.

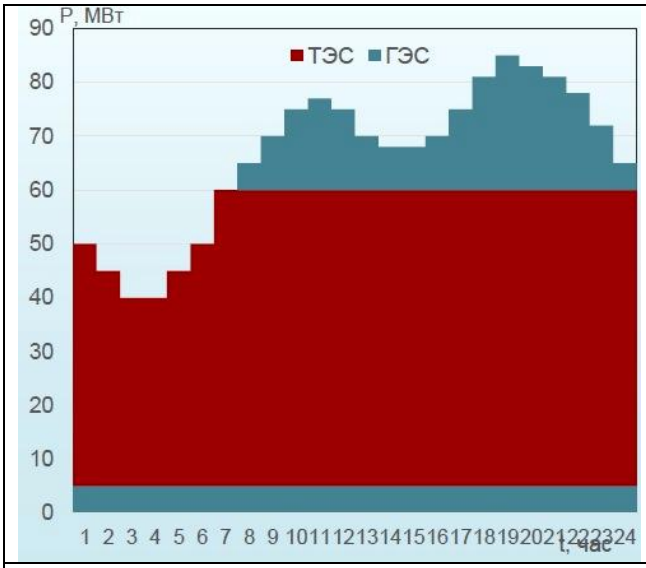

Рис. 2. Условный суточный график нагрузки ГЭС и ТЭС в энергосистеме

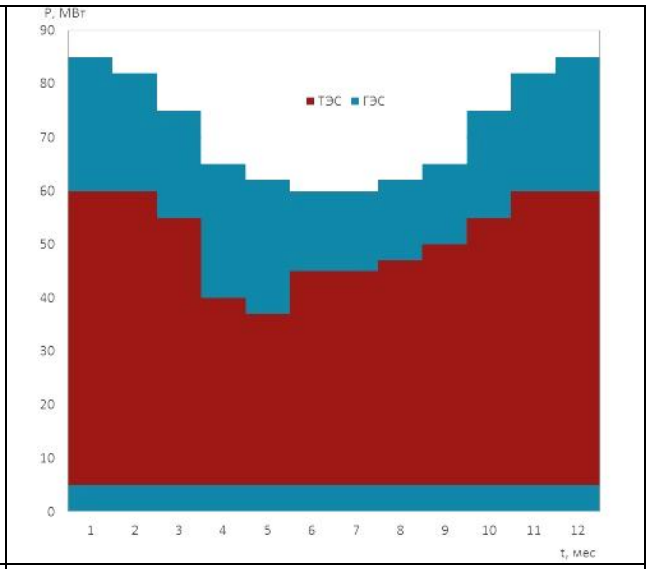

Рис. 3. Условный годовой график нагрузки ГЭС и ТЭС в энергосистеме

Также в режиме выдачи мощности Чебоксарской ГЭС существует проблема, связанная с потерей электроэнергии при перетоках мощности на ОРУ-220 кВ и ОРУ-500 кВ. Возможным решением проблемы может стать установка фазоповоротного трансформатора (ФПТ) между ОРУ-220 кВ и ОРУ-500 кВ. ФПТ позволит поддерживать cosφ близким к единице, что снизит долю реактивной мощности. Потери при перетоках мощности минимизируются.

Вопросам снижения недовыработки электростанций и потерь мощности необходимо уделять внимание при модернизации электроэнергетических объектов, что позволит увеличить генерацию электроэнергии и минимизировать потери при ее распределении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.

2. Добрусин, Л.А. Современные средства управления энергоэффективностью / Л.А. Добрусин // Силовая электроника. – 2012. – № 1. – С. 56-63.

3. Добрусин, Л.А. Тенденции применения фазоповоротных трансформаторов в электроэнергетике / Л.А. Добрусин // Силовая электроника. – 2012. – № 4. – С. 60-66.

4. Интернет-ресурсы: http://www.cheges.rushydro.ru/hpp/general-info/

ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ПО СТЕПЕНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ЗОНАХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Трохимчук К.А. – канд. техн. наук, доцент
Постнова А.Н. – бакалавр
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

Земляные работы составляют до 20 % всех видов строительных операций. Они связаны со вскрытием породы, его перемещением, формированием отвалов и, как следствие, изменением физико-механических свойств, что приводит к интенсивному пылевыделению. При проведении земляных работ на дисперсных породах уровень запыленности превышает предельно-допустимые концентрации. Авторами выполнено районирование по массовой доле пылевой фракции в воздухе при земляных работах на дисперсных грунтах (на примере г. Волгограда). Более 70 % поверхностных отложений г. Волгограда представлено дисперсными породами [1].

Районирование является завершающим этапом исследований [2], включающим системный анализ комплекса данных: пылеобразование под действием различных характеристик метеорологического режима; анализ распределения массы частиц, представляющих собой дисперсный состав пыли в зоне разработки дисперсных грунтов; характеристики пылевыделения пород на основе экспериментальных методов; физико-механических и химических показателей грунтов; условий процесса изменения грунтового массива под влиянием техногенной деятельности. При составлении карты районирования территории г. Волгограда по степени интенсивности пылевыделения грунтовых массивов при проведении строительных работ, являющейся синтетической, произведено объединение серии покомпонентных карт (геоморфологической, геологической, инженерно-геологического районирования, климатической и др.) путем наложения отдельных карт друг на друга и генерализация информации. К карте составлена экспликация.

При районировании выделено три типа района, позволяющие разработать рекомендации и мероприятия, обеспечивающие функционирование застраиваемых территорий с минимальной техногенной нагрузкой на атмосферный воздух городской среды. Данная картографическая модель районирования может служить основой для разработки пространственно-временной структуры мониторинга при строительном освоении территории городов. Принципы, положенные в основу оставления данной картографической модели районирования, и разработанные рекомендации по освоению могут использоваться для других городов юго-востока Русской платформы, имеющих широкое распространение дисперсных пород [3].

Особенно важным показателем при пылевыделении является характер изменения свойств грунтов с глубиной карьера. Такое проведенное авторами

исследование позволило сравнить и оценить все разнообразие инженерно-геологических условий различных территорий и предложить мероприятия по экологическому оздоровлению территорий, подверженных строительству.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синяков В.Н. Инженерная геология и геоэкология Волгограда / В.Н. Синяков, С.В. Кузнецова, С.В. Честнов, С. Махова и др. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. – 126 с.

2. Богословский, В.А. Эколого-геофизическое картографирование / В.А. Богословский, А.Д. Жигилин, В.Т. Трофимов и др. // Геоэкология. – 2002. – № 4. – С. 28-31.

3. Брылев, В.А., Самусь, Н.А. Геоморфология и геология Волгоградской агломерации и некоторые аспекты их антропогенных изменений / В.А. Брылев, Н.А. Самусь // Природные условия и ресурсы Нижнего Поволжья: Межвуз. сб. – Волгоград, 1981. – С. 65-79.

СЕКЦИЯ № 3

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Председатель: ***П.П. Раменский*** – доцент кафедры ТЭС на базе ПАО «Лукойл»
Сопредседатель: ***И.А. Болдырев*** – канд. техн. наук, доцент
Секретарь: ***В.С. Купоносова*** – магистрант

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ КРАНОВ И ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Желясков С.С., Желяскова О.И. – магистранты
Зенина Е.Г. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Краны и грузоподъёмное оборудование являются массовыми общепромышленными механизмами, они применяются практически во всех отраслях промышленности и в энергетике в том числе. В настоящее время грузоподъемные краны в России физически и морально устарели. Увеличивается число механизмов, у которых практически истек нормативный срок, требующих замены или модернизации. Поэтому на сегодняшний день российские краностроительные предприятия работают над реконструкцией и модернизацией кранового оборудования. Эти работы необходимы для продления срока службы и придания крану новых эксплуатационных свойств. Многие грузоподъемные краны, которые находятся в эксплуатации, оснащены электроприводом механизмов, имеющим ограниченные эксплуатационные свойства. Большинство механизмов имеют высокий период эксплуатации до предельного состояния, который позволяет эксплуатировать их еще в течение достаточно долгого времени. В процессе модернизации кранов в большинстве случав модернизируется и электрооборудование. Необходимо применять установленное на кране оборудование, первоначально электродвигатели и пускорегулирующие резисторы, и в то же время придать новые технические характеристики электроприводу: повысить плавность переходных процессов, расширить диапазон регулирования скорости, уменьшить количество релейно-контакторной аппаратуры.

При работе кранов по существующей на многих энергетических предприятиях релейной схеме выясняются следующие недостатки:

1) контактная коммутация, требующая соответствующего ухода за аппаратурой и ограничивающая срок ее службы;

2) повышенное энергопотребление;

3) массогабаритные показатели оборудования (громоздкость оборудования);

4) применение двигателей специальной крановой серии с фазным ротором с ПВ от 40 до 60 % (ПВ – продолжительность включения в процентном соотношении от того времени, за которое при максимальной нагрузке на двигатель он нагреется до максимально возможной для этого двигателя температуры). Двигатель с фазным ротором – тот же асинхронный двигатель, только в роторе применяется не обыкновенная влитая в ротор обмотка из алюминиевых стрежней и торцевых залитых колец (то есть беличья клетка), а настоящая намотка из медного изолированного провода с выводом на контактные кольца, что в изготовлении гораздо более затратно и технологически сложнее;

5) применение тормозных сопротивлений для управления моментом нагрузки кранового двигателя путём введения их в цепь ротора (данные сопротивления занимают достаточно много места в шкафах и помещения для электрооборудования крана, и, как правило, на маленький двигатель до 11 кВт применяется не менее четырех сопротивлений, а для двигателей больших мощностей соответственно до 12 штук и более);

6) в управлении двигателями с фазным ротором невозможно добиться плавной регулировки оборотов двигателя и момента на валу двигателя, что затрудняет работу крановщика при позиционировании груза и крана;

7) при работе по релейно-контакторной схеме на кранах полностью отсутствует информативность работы крановщика [1].

Электропривод на основе асинхронного двигателя (АД) с фазным ротором при реостатном управлении от силовых контроллеров или простейших релейно-контакторных схем является основным типом электропривода массовых грузоподъемных кранов. Недостатки такого электропривода общеизвестны. Во-первых, это невозможность устойчивого регулирования скорости во всем диапазоне нагрузок, во-вторых, это отсутствие электрического торможения. Все эти недостатки усложняют управление краном, приводят к повышенным динамическим нагрузкам в механизмах и металлоконструкциях и в конечном счете приводят к снижению производительности и долговечности крана [2].

Также существует электропривод с системой тиристорного преобразователя напряжения – асинхронный двигатель, с помощью которого возможно получать жесткие механические характеристики и формировать пускотормозные режимы. Недостатками данной схемы управления являются:

– пульсации выпрямленного напряжения и тока на выходе тиристорного преобразователя повышают нагрев и ухудшают коммутацию двигателя;

– при глубоком регулировании напряжения тиристорный преобразователь имеет низкий коэффициент мощности;

– перегрузочная способность тиристорного преобразователя ниже, чем электромашинного;

– при работе тиристорных преобразователей искажается форма напряжения в сети переменного тока, и возникают помехи [3].

В будущем наиболее предпочтительным является применение на грузоподъемных кранах электропривода по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором».

Применение преобразователя частоты (ПЧ) ведёт к повышению надёжности работы крана, снижению износа электрического и механического оборудования, повышению энергоэффективности использования крана, снижению эксплуатационных расходов, замене морально и физически устаревшего оборудования, повышению уровня безопасности эксплуатации крана.

ПЧ состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя, автономного инвертора, системы управления широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), системы автоматического регулирования, дросселя и конденсатора фильтра. Регулирование выходной частоты и напряжения осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления.

Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя. Длительность этих состояний внутри периода ШИМ модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2 ÷ 15 кГц) тактовых частотах ШИМ в обмотках электродвигателя текут синусоидальные токи из-за их фильтрующих свойств. Недостатком этого устройства являются значительные энергетические потери в частотно-регулируемом приводе, связанные с формированием управляющих синусоидальных сигналов на основе ШИМ [4].

При частотном управлении асинхронным электроприводом, содержащим выпрямитель напряжения, емкостной фильтр и автономный инвертор напряжения, амплитуда и частота выходного напряжения формируются в соответствии с заданной частотой вращения двигателя. Закон регулирования реализуется в системе управления, замкнутой по частоте вращения через регулятор скорости, входным сигналом которого является рассогласование сигналов задания и обратной связи. Для получения сигнала рассогласования используют датчик скорости, установленный на валу электродвигателя. При этом сигнал обратной связи, пропорциональный частоте вращения двигателя, формируют в системе управления путем сложения сигналов синхронной частоты и частоты скольжения, взятой со знаком минус. Для формирования его в систему управления дополнительно вводят вычислительный блок, на вход которого подают сигналы, пропорциональные среднему значению тока на входе инвертора, максимальному значению тока на входе инвертора и коэффициенту модуляции, а сигнал, соответствующий текущей частоте скольжения, определяют из выражения (1):

$$\omega_r = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}}\left(I_{\text{вх}} - \frac{3I_m^2 R_s}{U_{dc}}\right)\frac{4}{3m}, \qquad (1)$$

где I_{sanom} – значение активной составляющей тока статора в номинальном режиме работы; ω_{rnom} – частота скольжения в номинальном режиме работы; $I_{\text{вх}}$ – сигнал, пропорциональный среднему значению тока на входе инвертора;

I_m – сигнал, пропорциональный максимальному току инвертора; R_s – активное сопротивление фазы обмотки статора АД; U_{dc} – среднее значение напряжения конденсатора в промежуточном звене преобразователя частоты; m – коэффициент модуляции [5].

В настоящее время одной из главных целей модернизации является не только расширение диапазона регулирования скорости, но и полное исключение аппаратуры с релейно-контакторной схемой управления.

При проведении модернизации исходят из того, что желательно сохранить существующий действующий двигатель (ДД). Поэтому задачей исследования является определение рациональной области применения преобразователя частоты с тем или иным законом управления и разными вариантами построения силового канала (с рекуперацией и без нее) с учетом специфики действующего двигателя крановой серии (в том числе с использованием существующих действующих двигателей с фазным ротором) различной мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимяк, Р.П. Электроприводы крановых механизмов [текст] / Р.П. Герасимяк, В.А. Параил. – М.: Энергия, 1970. – 136 с.

2. Пат. 80082, МПК Н 02 Р 25/00. Схема управления электродвигателем подъема мостового крана [текст] / Хохлов С.С, Андреев В.Е, Колшанов С.М.; заявитель и патентообладатель Москва ОАО «РЖД». – № 2008131867/22; заявл. 05.08.08; опубл. 20.01.09, Бюл. № 2.

3. Пат. 2625807, МПК Н 02 Р 1/26, Н 02 Р 1/28. Способ плавного пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором [текст] / Колесников Е.Б.; заявитель и патентообладатель Новомосковск, Колесников Е.Б. – № 2016101027; заявл. 14.01.16; опубл. 17.07.17, Бюл. № 20.

4. Пат. 109355, МПК Н 02 Р 27/08. Устройство управления электроприводом [текст] / Вафин Ш.И.; заявитель и патентообладатель Казань, ГОУ ВПО «КГЭУ». – № 2011113903/07; заявл. 08.04.11; опубл. 10.10.11, Бюл. № 28.

5. Пат. 2626325, МПК Н 02 Р 23/00, Н 02 Р 25/02, Н 02 Р 27/04, Н 02 Р 27/06. Способ частотного управления асинхронным электроприводом [текст] / Шонин О.Б., Новожилов Н.Г., Крыльцов С.Б.; заявитель и патентообладатель СПб., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 201639893; заявл. 10.10.16; опубл. 26.07.17, Бюл. № 21.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ НА РЕСУРС СПЭ-ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Петровский А.А. – магистрант
Стрижиченко А.В. – канд. техн. наук. доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Передача электроэнергии выполняется с помощью специальных линий электропередачи. Широко используют кабельные линии в случаях, когда невозможна прокладка воздушных линий.

Кабельные линии имеют довольно высокую степень надежности, так как защищены от атмосферных воздействий, однако они подвержены следующим

типам воздействий: механические повреждения, обрыв жил, старение изоляции, повышение температуры нагрева, разрушение изоляции и короткое замыкание. Так как многие кабельные линии находятся под землей, то оперативное устранение аварийной ситуации затруднено [3].

Опыт эксплуатации кабельных линий электропередачи ОАО «МРСК – Центра» за 10 месяцев 2016 г. выявил причины возникновения аварийности (диаграмма).

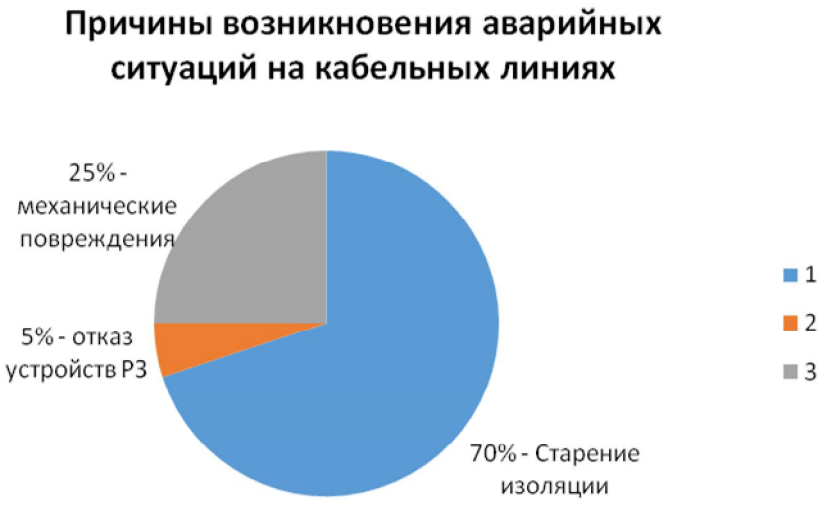

Диаграмма. Статистика возникновения аварийности КЛЭП

По причине старения изоляции могут возникать и механические повреждения, что может привести к выходу из строя оборудования из-за сложных аварийных режимов.

Постановка проблемы

Все кабельные линии подвержены различным факторам, негативно влияющим на их работоспособность. Одним из основных является старение изоляции из-за работы кабеля при повышенных температурах и работе в аварийных (экстремальных) условиях [1].

Изоляция из сшитого полиэтилена является одной из самых распространенных для защиты кабельных линий, так как используется на большой класс напряжений и обладает высокой степенью прочности, водонепроницаемости, устойчивости к термофизическим нагрузкам.

Полиэтилен (ПЭ) является не самым прочным материалом, особенно при температурах плавления, но данную проблему решили с помощью «сшивания» – специальной обработки ПЭ на молекулярном уровне. После «сшивки» полиэтилен приобретает трехмерную структуру, которая и определяет все его положительные свойства.

На рис. 1 показан опыт немецкого концерна группы технологических компаний «Evonik Industries». Не сшитый полиэтилен при высоких температурах деформируется (в эксперименте нагрев происходит до 200 °С) и теряет свои

прочностные свойства (см. левую часть рисунка), в этом же случае сшитый полиэтилен сохраняет свою форму (см. правую часть рисунка) [6].

Рис. 1. Термореактивная характеристика полиэтилена
при 200 °С и нагрузке 3 кг

В зависимости он класса напряжения используют СПЭ-изоляцию с разным видом «сшивания». Основные способы сшивания: сшивание через привитые органофункциональные группы, в качестве которых применяют силаны (для кабелей до 1 кВ); пероксидная сшивка (для средних и высоких классов напряжения). Разрушение СПЭ-изоляции происходит по причине термического, механического воздействия, химического воздействия агрессивных сред грунта и влияния частичных разрядов.

Один из способов получения данных о старении СПЭ-изоляции – это оценка её состояния по частичным разрядам [5]. Если учесть условный ресурс эксплуатации КЛ t = 30 лет, то остаточное время можно описать эмпирической зависимостью

$$t = 1{,}1 t_0 \sqrt{\frac{Q_0 n_0}{Q_0 n_0 + Qn}}, \qquad (1)$$

где k = 1,1 – коэффициент, отражающий среднее значение величины физического времени; Q – величина частичный разрядов, пКл; n – интенсивность частичных разрядов, шт/с; Qn – энергия в месте разряда, пКл/с.

На рис. 2 представлена зависимость ресурса кабельной линии от энергии частичных разрядов.

В начале графика процессы происходят быстро, так как напряженность и индукции электрического поля высоки. Далее скорость изменений уменьшается

в связи со снижением напряженности электрического поля из-за увеличения проводимости в месте дефекта изоляции КЛ.

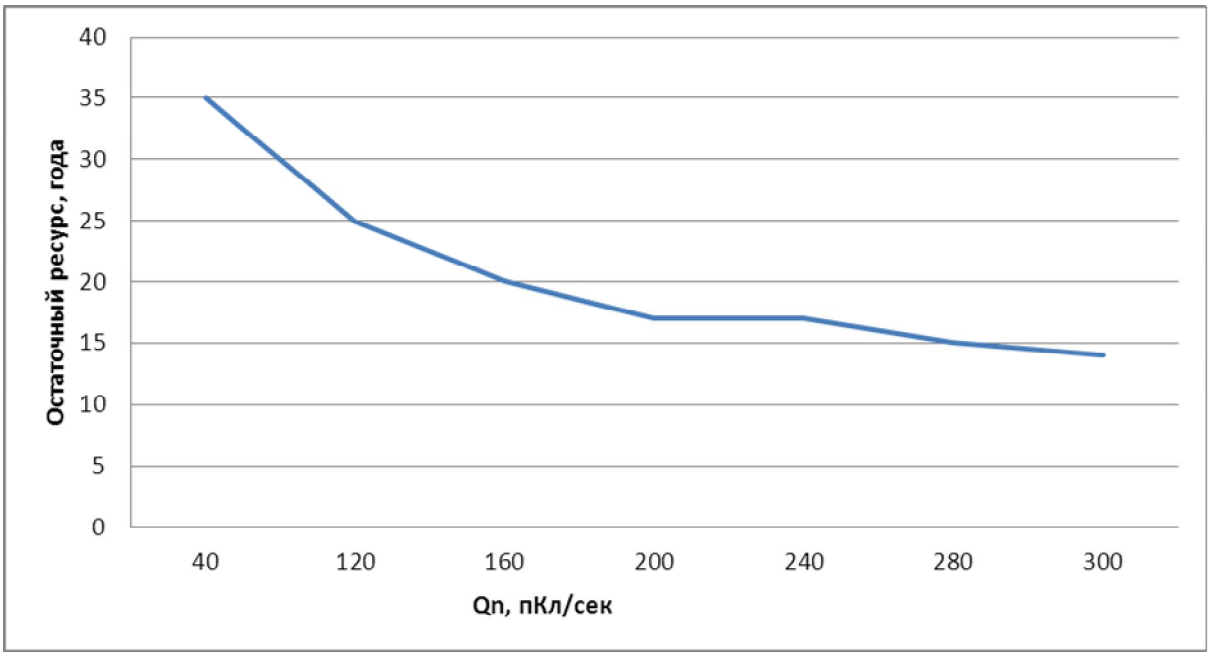

Рис. 2. Зависимость ресурса КЛ в диапазоне малых значений энергии ЧР, *Qn*, пКл/с

При экстремальной эксплуатации кабельной линии, например, при аварийном режиме, при работе на высоких температурах свойства изоляции будут ухудшаться, и остаточный ресурс работы кабельной линии также будет уменьшаться. Оценить скорость старения СПЭ в зависимости от температурного режима можно по правилу Монтзингера. Данное правило говорит о том, что повышение на каждые 8 °С (ϑ) выше предельно допустимой температуры приводит к снижению срока службы в два раза.

$$\tau = T_0 e^{-0,0866\vartheta}, \qquad (2)$$

где τ – срок службы изоляции, лет; ϑ – температура нагрева изоляции, °С; T_0 – условное время службы изоляции.

От класса изоляции зависит скорость её старения. При высоком классе изоляции ее старение при определенной температуре происходит медленнее, поэтому для некоторых классов изоляции параметр температуры нагрева изоляции (ϑ) меняется от 10 до 15 °С.

Преимущества кабелей с СПЭ-изоляцией: большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры жилы (допустимые токи нагрузки в зависимости от условий прокладки на 15-30 % больше, чем у кабелей с бумажной изоляцией); высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании; высокие электрические свойства изоляции, низкие диэлектрические потери; меньше масса и габариты кабеля в целом, что облегчает прокладку кабеля как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах; высокая

влагостойкость, нет необходимости в применении металлической оболочки; меньше радиус изгиба; возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней; возможность прокладки кабелей при температуре –20 °С без предварительного подогрева благодаря использованию полимерных материалов для изоляции и оболочки [4].

В кабельной продукции кроме СПЭ-изоляции применяются и другие виды изоляции:

– резиновая изоляция обладает высокой негигроскопичностью и гибкостью, но со временем эластичность её теряется; она имеет относительно низкую допустимую температуру нагрева (до 65 °С);

– бумажная изоляция является одной из самых распространенных. Из достоинств можно отметить долговечность, высокие электрические свойства и относительно низкую стоимость. Недостатками являются большая гигроскопичность, необходимость наличия алюминиевой или свинцовой оболочки для защиты изоляции от влаги, вследствие чего появляются ограничения использования данного покрова в агрессивных средах и в условиях повышенных вибрационных воздействий, что приводит к дополнительным трудностям при прокладке свойств кабеля и затратам на антикоррозионную обработку.

В таблице представлены основные характеристики кабелей с СПЭ- и БПИ-изоляцией.

Основные характеристики кабелей с СПЭ и БПИ изоляцией

Характеристики	**Кабель с СПЭ-изоляцией 6-35 кВ**	**Кабель с БПИ**	
		10 кВ	**35 кВ**
Длительно допустимая температура, °С	90	70	65
Допустимый нагрев в аварийном режиме, °С	130	90	65
Предельно допустимая температура при протекании тока КЗ, °С	250	200	130
Относительная диэлектрическая проницаемость ε при 20 °С	2,4	4	4
Коэффициент диэлектрических потерь при 20 °С	0,001	0,008	0,006

В настоящее время СПЭ-изоляция имеет наилучшие физико-механические параметры по сравнению с известными видами изоляционных материалов.

Требования к безопасной работе электрических систем диктуют необходимость развития производства органических изоляционных материалов, подходящих для всех классов напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мещанов, Г.И. Наука и техника. Особенности разработки кабелей и проводов для экстремальных условий эксплуатации.

2. Мещанов, Г.И. Термообработка проводов с пленочной изоляцией.

3. Зайцев, Е.В. Разработка математических моделей и алгоритмов системы мониторинга пропускной способности кабельных линий напряжением 100-500 кВ.

4. Информационно-аналитическое издание «Кабель» – сравнение изоляционных материалов КЛЭП.

5. Сидельников, Л.Г., Санников, А.Г. Методические основы и нормативы технического диагностирования изоляции силовых кабельных линий методом частичных разрядов / Л.Г. Сидельников, А.Г. Санников // Труды Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Актуальные проблемы энергосберегающих электротехнологий». – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006.

6. Журнал Evonik Industries. Создавая новое. Сшивка полиэтилена.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ДЕМПФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ В ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

Кульков В.Г. – д-р физ.-мат. наук. профессор
Сыщиков А.А. – ассистент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Внедрение нового и модернизация существующего оборудования, увеличение производительности труда и, как следствие этого, рост мощности и быстроходности машин и механизмов сопровождаются значительным повышением уровня вибрации и шума на рабочих местах [1]. Воздействие шума и вибрации различных частот и интенсивности отрицательно влияет на организм человека, производственное оборудование и окружающую среду. Источником шумов являются двигатели, компрессоры, устья дымовых труб, насосы, приточно-вытяжная вентиляция, механические вибрации. Вибрации также являются отрицательным фактором во всевозможных энергетических системах. В результате колебаний различной силы и частоты на производстве могут возникнуть ситуации, в которых единственным правильным решением является значительное снижение производственных мощностей, которое может привести к различным эффектам того или иного рода. Около 80 % аварий в машинах, при которых гибнут люди, происходят в результате недопустимых вибраций.

В соответствии с ГОСТ 12.1.029 снижения шума и вибрации в производственных условиях можно добиться следующими методами: устранением или уменьшением шума и вибрации непосредственно в источнике их возникновения; локализацией источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции; рациональным размещением технологического оборудования, машин, механизмов; акустической обработкой помещений (снижением плотности звуковой энергии в помещении, отражений от стен, перекрытий, оборудования и т. п.).

Как показывает практика, наиболее эффективным является борьба с шумом в источнике его возникновения. Как правило, шум машин и механизмов возникает в результате упругих колебаний как всего механизма, так и отдельных его частей. Одним из перспективных видов систем с повышенными демпфирующими

свойствами являются пористые материалы. Наиболее опасными с точки зрения разрушительного воздействия являются вибрации наиболее низких частот, таких как инфразвуковые. При этом отставание скорости деформации по фазе от напряжений очень мало и практически стремится к нулю с уменьшением частоты.

Рассматривается модель рассеяния энергии колебаний на участке межзеренной границы, содержащем поры как в тройных стыках, так и внутри плоского сегмента. Систему считаем одномерной. При общей ориентации границы по отношению к действующим напряжениям на сегменте неизбежно наличие нормальных переменных напряжений. Эти сегменты поочередно становятся источниками и стоками вакансий для зернограничной диффузии. Ось x выберем в плоскости границы нормально к цилиндрической поре, так чтобы начало оси совпало с серединой сегмента размера $2l$. Для определения концентрации вакансий необходимо решить однородное уравнение диффузии:

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D_b \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} + A\exp(i\omega t). \qquad (1)$$

Здесь D_b – коэффициент зернограничной диффузии вакансий. Решая уравнение (1) методом Фурье с граничными условиями $C(0, t) = C(L, t) = 0$, получаем

$$C(x,t) = \exp(i\omega t)\sum_m \frac{4A}{\pi m Z_m}\exp^{-i\varphi_m}\sin\frac{\pi m x}{L}. \qquad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$Z_m = \sqrt{\omega^2 + \frac{Db^2\pi^4 m^4}{L^4}}$ $\varphi_m = \mathrm{arctg}\frac{\omega L^2}{Db\pi^2 m^2}$. Индекс m принимает нечетные целые значения. При невысоких значениях внешнего напряжения растягивающее напряжение σ_n на сегменте линейно связано с избыточной концентрацией вакансий на нём: $\sigma_n = \frac{CkT}{C_0\Omega}$, где Ω – атомный объем, C_0 – равновесная концентрация вакансий на границе. Тогда можно записать выражение для такого напряжения на сегменте в зависимости от координаты и времени:

$$\sigma_n = \exp(i\omega t)\frac{kT}{C_0\Omega}\sum_m \frac{4A}{\pi m Z_m}\exp^{-i\varphi_m}\sin\frac{\pi m x}{L}. \qquad (3)$$

Скорость движения зерен определяется плотностью потока j вакансий из сегмента через обе его границы: $\upsilon = \frac{j\delta\Omega}{L\sin\alpha}$, где δ – диффузионная толщина границы. Далее, воспользовавшись (1), найдем плотность потока и скорость движения зерен:

$$\upsilon = \exp(i\omega t)\sum_m \frac{8AD_b\delta\Omega}{L^2\sin\alpha Z_m}\exp^{-i\varphi_m}. \qquad (4)$$

Величину A определим из равенства модулей полной силы, действующей со стороны внешнего напряжения на сегмент, и распределенной силы, определяемой из выражения (3):

$$\left|\int_0^L \sigma_n(x,t)dx\right| = \left|\sigma_0 L \sin 2\alpha \exp(i(\omega t - \varphi))\right|. \quad (5)$$

Энергия рассеяния за один период на сегменте единичной длины вдоль образующей определяется выражением

$$\Delta W_1 = \int_0^L \int_0^{\pi/\omega} \mathrm{Re}\,\sigma_n \,\mathrm{Re}\,\upsilon dx dt. \quad (6)$$

Упругая энергия W, запасенная в объеме зерна, равна $\frac{V_0\sigma_0^2}{2\mu}$, где μ – модуль сдвига; V_0 – объем зерна на единицу длины образующей. Внутреннее трение Q^{-1}, обусловленное вкладом одного сегмента длиной, равно $\frac{\Delta W_1}{2\pi W}$. Площадь границы, приходящаяся на одно зерно, пропорциональна квадрату его размера R, объем зерна пропорционален его кубу. Суммируя вклады от всех сегментов, принадлежащих границе, полную величину внутреннего трения можно записать в виде

$$Q^{-1} = \frac{\pi^2 \eta \mu C_0 \delta \Omega^2}{4kTR}\left[\left(\frac{1}{Z}\sum_m \frac{1}{m^4+Z^2}\right)\left(\left(\sum_m \frac{1}{m^4+Z^2}\right)^2 + \left(\sum_m \frac{Z}{m^2(m^4+Z^2)}\right)^2\right)^{-1}\right]. \quad (7)$$

Геометрический множитель η учитывает долю принадлежности границы зерну и его реальную форму. Здесь $Z = \frac{\omega L^2}{\pi^2 D_b}$.

Чтобы учесть общее количество пор, присутствующих на границе зерна, вводим коэффициент $\kappa = \left(\frac{L_0}{L_0 - d(n+1)}\right)^2 n$, где L_0 – полный размер границы; n – количество пор на границе; d – их средний диаметр. С учетом этого величина внутреннего трения возрастет:

$$Q^{-1} = \kappa \frac{\pi^2 \eta \mu C_0 \delta \Omega^2}{4kTR}\left[\left(\frac{1}{Z}\sum_m \frac{1}{m^4+Z^2}\right)\left(\left(\sum_m \frac{1}{m^4+Z^2}\right)^2 + \left(\sum_m \frac{Z}{m^2(m^4+Z^2)}\right)^2\right)^{-1}\right]. \quad (8)$$

Выражение (8) описывает так называемый высокотемпературный фон внутреннего трения. Как известно, его связывают с диффузионным поведением вакансий в твердом теле [2]. В материалах с мелким зерном диффузия происходит большей частью по межзеренным границам, поэтому роль объемной диффузии мала в сравнении с зернограничной. Еще больший вклад диффузионных

потоков по дефектным образованиям имеет место в пористых материалах, где увеличение диффузионной подвижности атомов обусловлено поверхностными механизмами. Зависимость величины внутреннего трения, описываемой выражением (8), от температуры состоит из двух участков с различающимися почти вдвое эффективными энергиями активации, как это наблюдается в некоторых других неоднородных системах [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тупов, В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования / В.Б. Тупов. – М.: МЭИ, 2005. – 323 с.

2. Головин, И.С. Внутреннее трение и механическая спектроскопия металлических материалов / И.С. Головин. – М.: Издательский дом МИСиС, 2012. – 247 с.

3. Калинин, Ю.Е., Даринский, Б.М. Высокотемпературный фон внутреннего трения в твердых телах / Ю.Е. Калинин, Б.М. Даринский // МиТОМ. – 2012. – № 5. – С. 15-18.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Питецкая К.Т. – студентка
Стрижиченко А.В. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В процессе эксплуатации высоковольтных выключателей неизбежна возможность аварий, вызванных различными факторами. Аварийность выключателей характеризуется числом отказов и повреждений. Причинами отказов в работе масляных выключателей могут быть неисправности передаточных механизмов приводов, обрывы цепей вторичных соединений, перегорания предохранителей в цепях постоянного тока; причинами отказов в работе воздушных выключателей обычно являются неисправности приводных механизмов, клапанных систем, цепей вторичных соединений [1].

Отказом выключателя является невыполнение им оперативных, защитных и противоаварийных функций, а также повреждения, при которых он должен быть выведен в ремонт. К ним относятся: невозможность отключения короткого замыкания в ячейке выключателя при оперативных коммутациях или в рабочем состоянии; невозможность отключения короткого замыкания в линии; невозможность автоматического или оперативного включения выключателя без короткого замыкания в ячейке или в линии; повреждения выключателя при отключении короткого замыкания; ложные отключения [2].

По публикациям канадской компании «Ontario-Hydro» [5], шведской фирмы «ASEA» [6], журнала «EEP» [7] и других источников были собраны статистические данные о числе отказов, вынужденных отключениях выключателей и их интенсивности.

По результатам анализа публикаций энергетических компаний за 10 лет представлено распределение числа отказов выключателей, рис. 1. Из данных по распределению отказов выключателей следует, что наибольшая доля числа

отказов приходится на масляные баковые (35,06 %) и воздушные (36,18 %) выключатели, наименее подвержены отказам элегазовые выключатели (4,79 %).

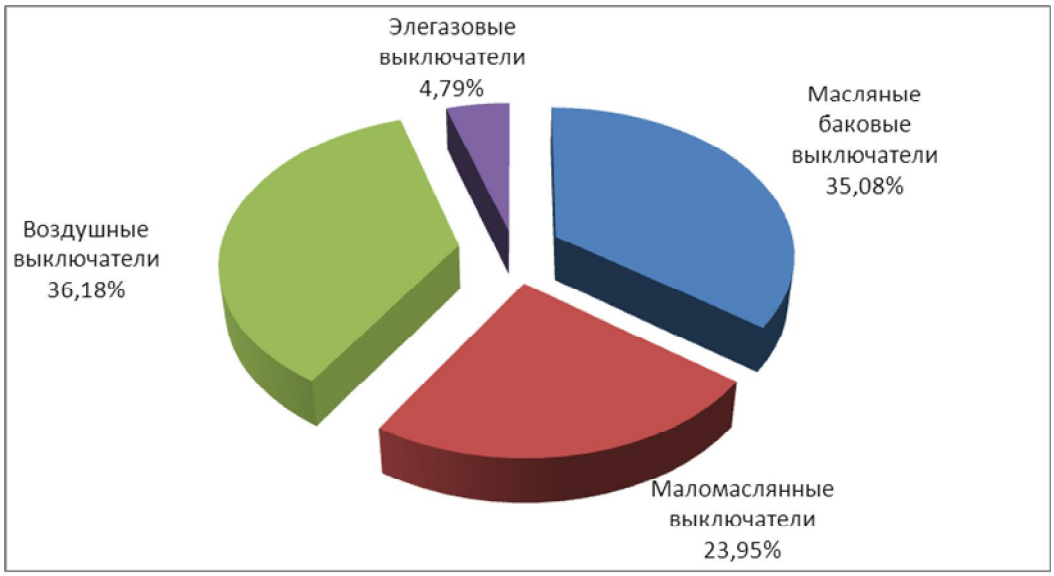

Рис. 1. Распределение числа отказов различных видов выключателей

Безотказная работа выключателей тесно связана с надежностью их работы, которая зависит от различных факторов: конструктивных, производственных и эксплуатационных. Конструктивными факторами выключателей являются детали и узлы конструкции, которые отвечают за их исправное состояние. Гистограмма соотношений отказов и неисправности деталей и узлов конструкции выключателей (рис. 2) показывает, что управляющие и главные контакты (28,11 %), цепи управления и контроля (19,1 %), дугогасительные устройства (13,8 %) наиболее подвержены к повреждениям.

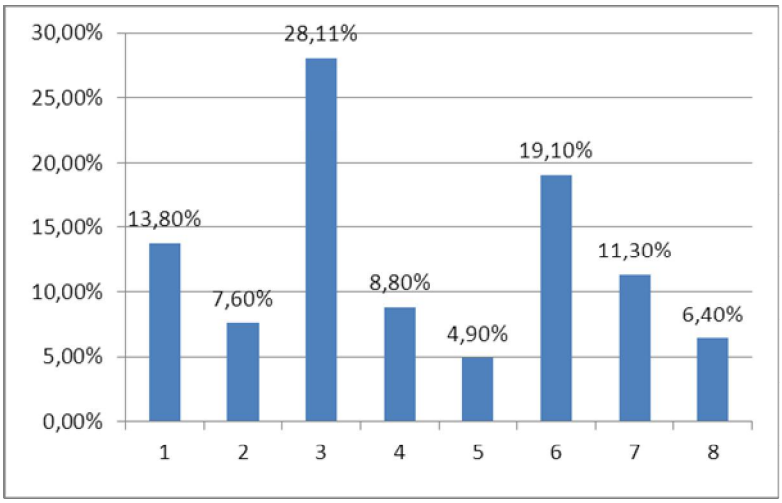

Рис. 2. Соотношение долей отказов и неисправностей деталей и узлов конструкции выключателей: 1 – дугогасительные устройства; 2 – резисторы предвключаемые и отключаемые; 3 – управляющие и главные контакты; 4 – механические детали приводов; 5 – рамы и фундаменты; 6 – цепи управления и контроля; 7 – насосы, компрессоры и трубопроводы; 8 – изоляция по отношению к земле

К производственным факторам можно отнести действие токов короткого замыкания, частоту возникновения коротких замыканий и их длительность. Под действием токов короткого замыкания возникают механические повреждения в результате воздействия усилий в токоведущем контуре фазы выключателя. Для их предотвращения элементы токоведущих конструкций должны обладать достаточной электродинамической стойкостью. Проверка выключателя по условию электродинамической стойкости производится сравнением тока электродинамической стойкости, указанного заводом-изготовителем, и рассчитанного ударного тока короткого [3]:

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}^{(3)}.$$

Если это условие выполняется, то данный выключатель соответствует требованиям электродинамической стойкости.

Короткие замыкания сопровождаются быстрым повышением температуры, которое ведёт к термическому разрушению изоляции, окислению контактных систем, деформации и плавлению токоведущих частей выключателей. Проверка выключателя на термическую стойкость при коротком замыкании заключается в сравнении найденного при расчётных значениях интеграла Джоуля $B_{\text{к}}$ с его допустимым значением $B_{\text{терм.доп}}$ [3]:

$$B_{\text{к}} \leq B_{\text{терм.доп}}.$$

Термическая стойкость выключателя определяется нормированным током термической стойкости аппарата $I_{\text{терм.норм}}$, указанным заводом-изготовителем, и соотношением между расчетной продолжительностью короткого замыкания $t_{\text{откл}}$ и предельно допустимым временем воздействия нормированного тока термической стойкости $t_{\text{терм.норм}}$.

Если $t_{\text{откл}} \geq t_{\text{терм.норм}}$, то условием термической стойкости выключателя является

$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм.норм}}^2 t_{\text{терм.доп}}.$$

Если $t_{\text{откл}} < t_{\text{терм.норм}}$, то условием термической стойкости выключателя является

$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм.норм}}^2 t_{\text{откл}}.$$

Условия эксплуатации оказывают наибольшее влияние на надежность работы выключателей. За время эксплуатации выключателей персонал должен вести учет о состоянии оборудования, выявлять дефекты и проводить осмотры. При правильной эксплуатации выключателей их продолжительность работы увеличивается и аварийность уменьшается.

Одними из основных показателей надежности выключателей являются вероятность безотказной работы $P(t)$ и вероятность отказа $Q(t)$. Вероятность безотказной работы определяет вероятность того, что отказ выключателя не произойдет в интервале времени от 0 до t, а вероятность отказа, что произойдет

хотя бы один отказ в том же интервале времени. Вероятность безотказной работы и вероятность отказа оцениваются выражениями [1]:

$$P_{(t)} = \frac{N_{(t)}}{N} = \frac{N - n_{(t)}}{N}; \quad Q_{(t)} = \frac{n_{(t)}}{N},$$

где N – количество элементов системы в начале испытаний; $N_{(t)}$ – число оставшихся в работе элементов за время t; $n_{(t)}$ – число отказавших элементов за время t.

Так как отказ и безотказная работа являются событиями противоположными, то выполняется условие $P_{(t)} + Q_{(t)} = 1$.

Кривые вероятности безотказной *работы* $P(t)$ и вероятности отказа $Q(t)$ различных типов выключателей представлены на рис. 3.

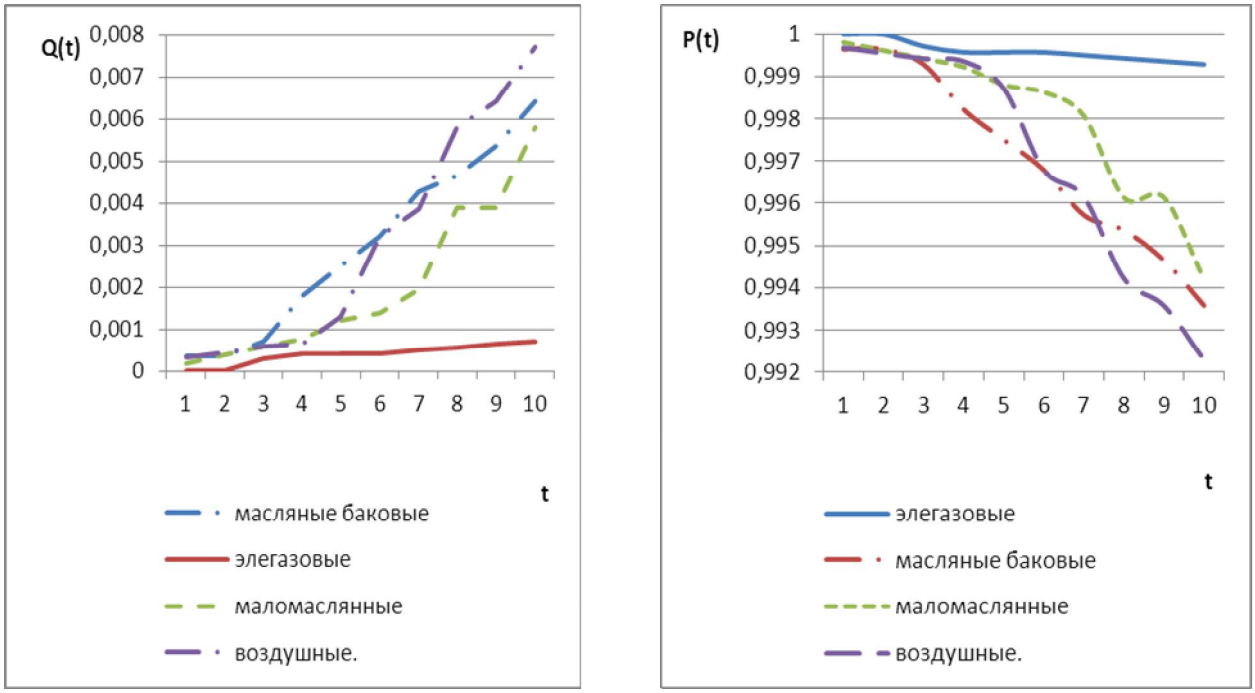

Рис. 3. Кривые вероятности безотказной работы
и вероятности отказа различных видов выключателей

По данным кривым можно сделать вывод, что элегазовые выключатели имеют высокую степень надежности по сравнению с другими выключателями, так как они имеют высокий показатель вероятности безотказной работы и низкий показатель вероятности отказа.

В заключение можно сделать вывод, что согласно проведенному анализу аварийности различных видов выключателей наименьшее значение отказов имеют элегазовые и маломасляные выключатели, наибольшее значения – масляные баковые и воздушнее выключатели. Наибольшая доля неисправностей и отказов элементов конструкции выключателей приходится на дугогасительные устройства, управляющие и главные контакты, цепи управления и контроля. Показатели надежности определили, что маломасляные, масляные баковые и воздушные выключатели уступают по степени надежности элегазовым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, Д.С. Надёжность и качество электроснабжения предприятий: учебное пособие / Д.С. Александров, Е.Ф. Щербаков. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 155 с.

2. Васильев, И.Е. Надежность электроснабжения: учебное пособие для вузов / И.Е. Васильев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 174 с.

3. Короткие замыкания и выбор электрооборудования: учебное пособие для вузов / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев и др.; под редакцией И.П. Крючкова, В.А. Старшинова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 568 с.

4. Балаков, Ю.Н. Проектирование схем электроустановок: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – 286 с.

5. Lindsay, C., Hick, M. Experience with SF6 qasinsulated substations and proposal for involved reliability / C. Lindsay, M. Hick // IEEE Trans, on Power Apparatus and Systems. – 2012. – No 9. – PAS. 103.

6. Michaca, R. Summary of CIGRE Working Group 13-06, studies on the test and control methods to assure the reliability of high-voltage circuit-breakers / R. Michaca, C.R. Heising, G. Koppl // Electra. – 1985. – No 102.

7. Eriksson, R., Ohlen, C. Reliable power transmissions and distribution / R. Eriksson, C. Ohlen // ASEA Journal. – 2014. – No ¾.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОВОДНИКОВ В ОБЪЕКТАХ СЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Желяскова О.И., Абрамова Ю.В., Карпов Г.А. – магистранты
Васильева И.Л. – доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время наблюдается резкое увеличение потребления электрической мощности как промышленностью, так и бытовой нагрузкой. В связи с этим для сетевых компаний актуальнее становится поиск энергоэффективных решений при строительстве и реконструкции высоковольтных линий электропередачи. Так как подавляющее большинство объектов сетевого комплекса составляют линии электропередачи, то одним из основных направлений работы в этой области является создание и внедрение новых видов проводов для ЛЭП, обеспечивающих решение следующих основных задач:

– увеличение количества передаваемой электроэнергии, используя существующие высоковольтные линии;

– уменьшение стрел провеса, увеличение расстояний между опорами при строительстве новых линий;

– борьба с обледенением ЛЭП в районах с высокой влажностью и резкими перепадами температур;

– повышение стойкости провода к воздействию больших механических нагрузок;

– повышение надежности передачи электрической энергии при минимизации общих капиталовложений при строительстве и реконструкции линий.

В последние годы все чаще появляются новые конструкции и инновационные виды проводов, которые позволят решить вышеуказанные задачи. Их можно разделить на следующие группы:

– провода против обледенения;

– провода с повышенной механической прочностью;

– термостойкие провода с повышенной пропускной способностью.

Современная энергетика продолжает развиваться, создавая провода нового поколения, по характеристикам не уступающим существующим проводам. К ним относятся:

– алюминиевый композитный провод (ACCC™);

– провод АСВТ;

– провод АСВП.

В алюминиевом композитном проводе (ACCC™) используется высокопрочная гибридная композитная жила, выдерживающая тепловой провис благодаря низкому коэффициенту теплового расширения. Более низкий вес жилы ACCC™ позволяет использовать больше алюминия в проводе при любом диаметре без ущерба для веса проводника. Это позволяет сократить потери линии при увеличении пропускной способности. Таким образом, запатентованная жила является основным компонентом высокоэффективного воздушного провода – следующего поколения в сфере передачи и распределении энергии. Технология ACCC™ заменяет старые проводники, предлагая более экономичное решение для сегодняшних потребностей (рис. 1).

Рис. 1. Алюминиевый композитный провод (ACCC™)

Преимущество первое – это самый современный и эффективный проводник для модернизации системы:

– алюминий высокой проводимости уменьшает потери линии на 30-40 % по сравнению с проводниками типа АС такого же размера и веса;

– меньшие потери линии означают меньшие затраты электроэнергии и выбросы CO_2 в атмосферу;

– удвоение пропускной способности существующих линий АС при минимальных модификациях опор из-за незначительного теплового удлинения;

– способность выдерживать высокие рабочие температуры и высокая проводимость обеспечивают большую передаваемую мощность;

– модернизация новых линий и конструкций с точки зрения эффективности и экономичности, с возможностью использования анкерных опор меньшей высоты или меньшее количество опор благодаря высокой прочности и значительному сокращению теплового провиса, что в свою очередь сокращает финансовые и временные затраты на проектирование и строительство.

Преимущество 2 – современная конструкция:

– более прочные и легкие по сравнению с проводами с несущей стальной жилой;

– низкий коэффициент теплового расширения уменьшает стрелу провиса;

– на 25-30 % большая проводимость алюминия без ущерба размеру или весу увеличивает пропускную способность и эффективность.

Технические характеристики проводов АССС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики провода марки АССС

Наименование провода	S сердечника, мм^2	S Al, мм^2	Вес 1 км, кг	Диаметр провода, мм	Разрывное усилие, Н
АССС 240	87,3	239,9	814,0	20,8	201500,0

Хотелось бы обратить особое внимание на так называемые компактированные провода с повышенной механической прочностью и термостойкие провода с повышенной пропускной способностью.

Рассмотрим более подробно проводники типа АСВТ и АСВП – алюминиевый стальной высокотемпературный и высокопрочный. Высокотемпературный провод обладает более высокой рабочей температурой и позволяет передавать большую мощность без преждевременной потери рабочих свойств. Высокопрочный провод позволяет устраивать воздушные линии с большей величиной пролета при меньшей площади сечения проводника.

Несомненным преимуществом компактированных проводов является то, что между жилами отсутствует воздух. Это означает, что, в отличие от проводов АС с круглыми жилами, площадь контакта воздуха и металла, в особенности стальных жил, сократится. Кроме того, в эти промежутки не будет попадать пыль и вода, что положительно скажется на коррозионной стойкости проводов. Также за счет того что сечение провода (рис. 2) более плотно заполнено проводящим материалом, диаметр провода АСВТ (АСВП) при равном сечении будет меньше. Это уменьшит ветровую и гололедную нагрузку на провод.

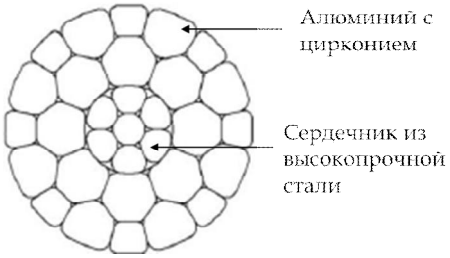

Рис. 2. Сечение провода АСВТ

Если рассмотреть конструкцию провода АСВТ и сравнить с конструкцией традиционно используемого на ЛЭП провода марки АС, то видимых отличий найти невозможно. Особенностью нового провода является материал токопроводящих слоев – Al-Zr-сплав. Наличие такого материала в составе провода позволяет длительно эксплуатировать его при температурах до 210 °С, передавать большие мощности и повысить надёжность в режимах пиковых нагрузок, а также при аварийных и послеаварийных режимах работы ЛЭП. Косвенно применение такого провода может решить проблему обледенения проводов, при этом токовая нагрузка в линии, а следовательно, и температура провода должны быть достаточно большими. Это позволит обойтись без отключения линий для проведения специальных плавок гололёда или сократить время плавки.

Что касается провода АСВП, то его особенностью является наличие усиленного стального сердечника и то же компактированное исполнение. Провод обладает рядом преимуществ, таких как:

– снижаются ветровые нагрузки;
– меньше вероятность налипания снега;
– менее подвержен эффекту галопирования;
– меньше стрела провеса;
– увеличение расстояния между опорами;
– увеличение пропускной способности.

Существует множество способов сокращения расходов, например, снижение потерь, снижение эксплуатационных расходов, увеличение надежности сетевого комплекса. Все эти меры принимались и принимаются по сей день.

Рассмотрим способ повышения энергоэффективности на примере ВЛ № 8 110 кВ, г. Волгоград. На данной линии используются сталеалюминевые провода АС-185 и АС-120 с характеристиками, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики проводов марки АС

Наименование провода	**S Al, мм^2**	**$S_{серд}$, мм^2**	**Вес 1 км, кг**	**Диаметр провода, мм**	**Разрывное усилие, Н**
АС-120/27	120,0	27,0	528,0	15,4	49 465,0
АС 185/24	185,0	24,0	705,0	18,9	77 767,0

В связи с тем, что планируется подключение новых потребителей, увеличится нагрузка на ВЛ № 8110 кВ, г. Волгоград. Провода, применяемые в настоящее время, имеют недостаточную пропускную способность. Возможно заменить провод АС 185/24 на больший АС 240/32, что позволит увеличить пропускную способность провода. Но данная замена приведет к увеличению габаритов линии и потребует больших затрат. Вследствие этого появляется необходимость замены проводов на новые с большей пропускной способностью и меньшими размерами. Так как существуют провода с улучшенными характеристиками, предлагаем заменить используемые провода на провода марки АСВТ, преимущества которых описаны выше.

Провод АСВТ 128/36 имеет примерно тот же диаметр, что и АС 240/32, но при этом увеличивается пропускная способность на 10 %, а значение габаритного пролета может увеличиться на 30 %.

Провода могут быть рекомендованы к применению на замену упомянутым проводам АС проводов для районов по гололеду, ветру начиная с III, а ВЛ № 8 110 кВ расположена в Волгоградской области, относящаяся к III району по гололеду, поскольку при использовании АСВТ-проводов можно получить стрелы провеса в пролетах на 20-30 % длиннее, уменьшить количество промежуточных опор на ВЛ и сократить затраты на строительство. Технические характеристики проводов АСВТ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики провода марки АСВТ

Наименование провода	**Отношение S Al/$S_{серд}$**	**S Al, мм^2**	**$S_{серд}$, мм^2**	**Вес 1 км, кг**	**Диаметр провода, мм**	**Разрывное усилие, Н**
АСВП 128/36	3,526	128,0	36,3	358,7	15,2	77 067,0

Произведя технико-экономическое сравнение, получаем, что лучшим вариантом замены провода АС 185/24 является замена на провод марки АСВТ 128/36. Сравнительная характеристика проводов различных марок приведена в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная характеристика рассмотренных марок проводов

Марка провода / Параметры	**АС 185/24**	**АС 240/32**	**АСВТ 128/36**	**АССС 240**
Ток, А	520,0	605,0	690,9	684,0
Диаметр провода, мм	18,9	21,6	15,2	20,8
Диаметр стального сердечника, мм	6,30	7,20	7,27	87,30
Сечение алюминий/сталь, мм^2	185,0/24,0	240,0/32,0	128,0/36,3	239,9/87,3
Масса 1 км провода, кг	705,0	921,0	659,5	814,0
Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20 ºС, Ом, не более	0,1540	0,1182	0,2250	0,1220
Разрывное усилие провода, Н, не менее	58 075	75 050	77 067	201 500
Стоимость за 1 км, руб.	113 210	185 730	110 850	300 580

Таким образом, провод марки АСВТ 128/36 имеет:

– на 10 % больше пропускную способность;
– меньшие размеры провода;
– на 30 % больше пролет;
– меньшую стоимость за 1 км провода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курьянов, В.Н. Применение отечественных инновационных высокотемпературных проводов АСВТ для ВЛ 110 кВ и их эффективность / В.Н. Курьянов, Е.С. Швец, Л.В. Тимашова // Энергия единой сети. – 2017. – № 5. – С. 15-21.

2. Султанов, М.М. Инновационные высокоэффективные провода для линий электропередачи / М.М. Султанов, В.Н. Курьянов, В.А. Фокин, Л.В. Тимашова / Энергия единой сети. – 2016. – № 4. – 70-78 с.

3. Крысанов, В.Н. Вопросы энергосбережения в высоковольтных электрических сетях / В.Н. Крысанов // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. – 2010. – № 1. – С. 13-16.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОБАЛАНСОВ В РАБОТЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Желяскова О.И. – магистрант
Султанов М.М. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Гарантией экономического развития регионов России являются надежность и эффективность работы энергетической отрасли. Одним из важнейших условий работы энергосистемы является соблюдение баланса мощности [1].

Надежность энергетической системы – комплексное свойство и определяется как способность энергосистемы выполнять функции по производству, передаче, распределению и снабжению потребителей электрической энергией в требуемом количестве и нормированного качества путем взаимодействия генерирующих установок, электрических сетей и электроустановок потребителей, в том числе [2]:

1) удовлетворять в любой момент времени общий спрос на электроэнергию;

2) противостоять возмущениям, вызванным отказами элементов энергосистемы;

3) восстанавливать свои функции после их нарушения.

Режимы энергосистемы за последние 20 лет сильно изменились. Оборудование, находящееся в эксплуатации, ранжируется от устаревшего до современного, что усложняет анализ работы энергосистемы.

Одним из менее разработанных механизмов, позволяющих сохранять надежность энергосистемы, является сглаживание пиковых сезонных нагрузок.

На сегодняшний день статистика генерации и потребления мощности, которая складывается из ГЭС, ГРЭС, шести ТЭЦ, промышленной генерации и промышленных и бытовых потребителей, приведена на рисунке. Существующий дефицит собственной генерации в регионе, покрытие необходимой мощности происходит за счет потребления из транзитной мощности [3].

Авторами рассматриваются вопросы развития энергосистемы области за счет реновации существующих станций и строительства новых генерирующих объектов.

Задачами исследования является рассмотрение и изучение функции F, которая выступит критерием оценки выбора путей снижения дефицита мощности:

$$F = f\left(P_{\text{ст}}, P_{\text{пер}}, P_{\text{потреб}}, \Delta P_{\text{пот}}\right), \quad (1)$$

где $P_{\text{ст}}$ – мощность генерации, МВт; $P_{\text{пер}}$ – передаточная мощность через транзит, МВт; $P_{\text{потреб}}$ – потребляемая мощность, МВт; $\Delta P_{\text{пот}}$ – потери мощности при передаче потребителям, МВт.

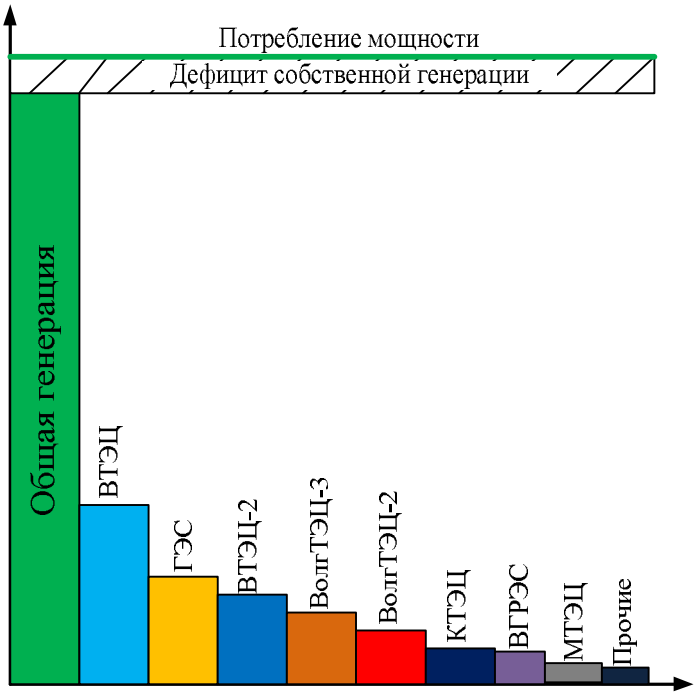

Рисунок. Статистика генерации и потребления мощности Волгоградской области

Авторами предложен новый подход к расчету критерия эффективности, основываясь на выражении (1) энергетического баланса генерирующих систем и электросетевого комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин, Б.И. Электроснабжение / Б.И. Кудрин. – М.: Академия, 2013.
2. Об утверждении СиПР Волгоградской области на 2016-2020 годы: Постановление губернатора Волгоградской области от 13.06.2016 года № 475. – 2016.
3. Об утверждении СиПР Волгоградской области на 2017-2021 годы: Постановление губернатора Волгоградской области от 28.04.2017 года № 248. – 2017.

СЕКЦИЯ № 4

ОБРАЗОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Председатель: ***Ю.М. Чубко*** – директор Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-ТТК»
Сопредседатель: ***В.И. Жилина*** – д-р экон. наук, профессор
Секретарь: ***В.С. Карпова*** – магистр

ВЕРБАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПТА «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В АНГЛОЯЗЫЧНОМ ДИСКУРСЕ

Якимович Е.В. – д-р филол. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Терминологическая единица «энергетическая безопасность» имеет широкое распространение в отечественной научно-технической и экономико-политической литературе, однако ее английские эквиваленты используются крайне непоследовательно, без какого-либо учета семантических различий и контекстно-функциональной специфики. В частности, при переводе названий, ключевых слов и аннотаций научных статей на английский язык наиболее часто встречаются следующие сочетания: energy security [1], power safety [2], energy safety [3], security of energy supply [4]. Кроме перечисленных, словари предлагают применять в качестве эквивалентов energy preparedness и energetic safeness. Подобные факты указывают на актуальность данного исследования, цель которого заключалась в том, чтобы выявить смысловые комплексы, связываемые с конкретным англоязычным соответствием, и сформулировать практические рекомендации по их использованию в ситуациях межъязыкового взаимодействия.

Проведенный анализ англоязычных контекстов показал, что наиболее широко применяются термины energy security и energy safety. Они функционируют в названиях международных организаций и их документах (Energy Independence and Security Act – Закон об энергетической независимости и безопасности, Convention on Ensuring International Energy Security – Конвенция по обеспечению энергетической безопасности), в том числе в документах, раскрывающих само понятие энергетической безопасности и описывающих конкретные шаги по ее достижению. Например, Международное энергетическое агентство (International Energy Agency, IEA) трактует energy security как «the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price» [5] – бесперебойная доступность энергетических источников по доступной цене (здесь и далее перевод автора). Мировой энергетический совет (World Energy Council) включает energy security в качестве одной из целей энергетической трилеммы (The World Energy Trilemma) наряду с energy equity (справедливость и равенство

доступа к энергии) и environmental sustainability (экологическая устойчивость). Для energy security предлагается в данном случае более содержательная дефиниция: «effective management of primary energy supply from domestic and external sources, reliability of energy infrastructure, and ability of energy providers to meet current and future demand» [6] – эффективное управление первичным энергоснабжением за счет внутренних и внешних источников, надежность энергетической инфраструктуры, способность энергоснабжающих организаций удовлетворять текущий и будущий спрос. Из приведенных дефиниций следует, что энергетическая безопасность прежде всего предполагает как непосредственное материальное или физическое измерение, так и ценовое выражение.

Следует отметить, что терминосочетание energy security является более распространенным в текстах международных документов, чем energy safety. Вторая единица оказывается предпочтительной там, где речь идет о безопасности ядерной энергетики, иногда в качестве синонима для nuclear power safety. Примером могут выступать такие словосочетания, как: nuclear power plant safety, the nuclear energy industry´s safety standards, the Office of Energy Safety и т. д. Разная частотность подтверждается данными наиболее авторитетных собраний английских разножанровых текстов. Так, Британский Национальный Корпус [7] выявляет 6798 контекстных репрезентаций для energy security и 4820 – для energy safety, при этом функционируя в рамках одного предложения, последняя единица не всегда отсылает к единому понятию, ее составляющие отделены друг от друга дополнительными элементами. Специфика употребления объясняется семантическими различиями существительных security и safety, которые зафиксированы толковыми словарями английского языка [8, 9]. Общей составляющей значения выступает «состояние отсутствия опасности», но safety прежде всего отсылает к личной эмоциональной сфере и чувству защищенности (personal safety), а security подчеркивает, что безопасность достигнута и гарантирована за счет принятия всех необходимых мер (national security).

Концепт energy security рассматривается в англоязычном дискурсе в различных аспектах. Например, с точки зрения диахронии отмечается первоначальная связь исключительно с поставками нефти (oil supply), а также постоянно возрастающая комплексность на современном этапе из-за расширяющегося круга уязвимостей (increasing complexity, a wider range of vulnerabilities) [10]. Англоязычными авторами подчеркивается, что описание компонентов, составляющих энергетическую безопасность, и их понимание зависит от позиции участника процесса, выступает он поставщиком или потребителем энергии, принимает ли он участие в транспортировке энергоресурсов [11]. С позиции принимаемых мер принято различать долгосрочную (long-term security) и краткосрочную (short-term security) энергетическую безопасность. В качестве факторов энергетической безопасности наиболее часто называются: affordability – доступность, environmental acceptability – экологическая приемлемость, resilient energy infrastructure – устойчивая энергетическая инфраструктура, durability of supply – длительность поставок, diversification of source – многообразие источников

или fuel diversity – топливное разнообразие, diversification of transportation fuels – многообразие способов транспортировки топлива, sufficiency relative to demand – удовлетворенность спроса, relationship with water – взаимосвязь с водными ресурсами, equity among nations – межнациональное равенство и справедливость, relationships among nations – отношения между народами, the morality of consumption – нравственность потребления.

Понимание надежности поставок энергоресурсов в качестве ключевого фактора ведет к тому, что при номинации рассматриваемого концепта используются терминосочетания security of energy supply, energy supply security или security of supply of energy. Однако отметим, что в подобных случаях речь идет о безопасности и стабильности снабжения в сфере поставок энергоресурсов. Названные сочетания связываются с более конкретным и узким набором смыслов. Так, в резюме Организации Экономического Сотрудничества и Развития предложена следующая трактовка: «Security of energy supply is the resilience of the energy system to unique and unforeseeable events that threaten the physical integrity of energy flows or that lead to discontinuous energy price rises, independent of economic fundamentals» [12, с. 9], то есть устойчивость энергосистемы в случае внештатных и непредвиденных ситуаций, угрожающих физической целостности энергопотоков или ведущих к периодическому экономически необоснованному повышению цен на энергию.

Дальнейшие переводные варианты обладают еще более конкретным значением и не рекомендуются для наименования концепта «энергетическая безопасность». В частности, power safety понимается как безопасное использование электроэнергии в быту или на рабочем месте, что пересекается с отечественной концепцией охраны труда. Его синонимами выступают выражения electric safety, electricity safety и power and electricity safety. Например, советы по безопасному пользованию электроприборами следует перевести как power and electricity safety tips. Сочетание energy preparedness выступает сокращением для energy emergency preparedness и соотносится с готовностью к аварийным ситуациям, возникающим в обстоятельствах, вызванных перебоями в энергоснабжении, или полным отключением электричества, например при неблагоприятных природных условиях и погодных катаклизмах.

Итак, анализ контекстов показал, что при наименовании концепта «энергетическая безопасность» в англоязычном дискурсе предпочтение следует отдать терминологическому сочетанию energy security, так как именно с ним связывается комплексность смыслов. В отличие от остальных переводных вариантов у данной языковой единицы отсутствуют дополнительные значения, обусловленные и ограниченные ситуациями употребления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воропай, Н.И., Сендеров, С.М. Энергетическая безопасность: состояние проблемы и опыт исследований / Н.И. Воропай, С.М. Сендеров // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2014. – № 2(15). – С. 18-24.

2. Шестопалов, П.В. Энергетическая безопасность: определение понятия и сущность / П.В. Шестопалов // Бизнес в законе. – 2012. – № 5. – С. 200-201.

3. Гафуров, А.Р. Сущность категории «энергетическая безопасность» и ее место в общей структуре безопасности / А.Р. Гафуров // Вестник МГТУ. – Т. 13. – 2010. – № 1. – С. 178-182.

4. Ломакина, О.Б. Стратегические интересы России в сфере международной энергетической безопасности / О.Б. Ломакина // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – Т. 7. – 2016. – № 4. – С. 25-34.

5. What is energy security? URL: https://www.iea.org/topics/energysecurity/

6. World Energy Trilemma Index 2016. Benchmarking the sustainability of national energy systems. – URL: https://trilemma.worldenergy.org/reports/main/2016/2016%20Energy%20Trilemma%20Index.pdf

7. British National Corpus [электронный ресурс] URL: http://www.natcorp.ox.ac.uk/ (дата обращения: 15.11.2017).

8. Merriam-Webster's Learner's Dictionary // www.merriam-webster.com/dictionary

9. Oxford Advanced Learner's Dictionary. By A.S. Hornby. Oxford: Oxford University Press, 2005.

10. Alhajji A.F. What Is Energy Security? Definitions and Concepts // OGEL. – 2008. – № 3. – URL: www.ogel.org/article.asp?key=2786

11. International Energy Security: Common Concept for Energy Producing, Consuming and Transit Countries. Energy Charter Secretariat. 2015. URL: http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Thematic/International_Energy_Security_2015_en.pdf

12. The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy. Executive Summary. OECD Publications, 2010. URL: https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2010/6358-security-energy-sup.pdf

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЕ НАПОЛНЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОЛЯ «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО» В АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Якимович Е.В.[1] – д-р филол. наук, профессор
Евстигнеева Е.Е.[2]***, Рогачёва А.***[2] – студентки
[1]Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
[2]ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волжский

Понятие «энергоэффективное строительство» в своем англоязычном варианте «Energy Efficiency Construction» появилось несколько десятков лет назад. Его возникновение связывается с мировым кризисом 70-х годов XX века, когда была обозначена проблема экономии энергии. В качестве ответа на поставленную задачу началось сооружение эффективных с позиции энергозатрат зданий и формирование нового подхода к оформлению обитаемой среды, получившего наименование экологического и сменившего традиционный техноцентрический подход [1]. Постепенно концепция энергоэффективности стала расширяться за счет того, что достижение цели стали связывать не только со сбережением уже выработанной и имеющейся в наличии энергии, но и с использованием для ее производства альтернативных источников, с сокращением количества вредных выбросов и уменьшением ущерба экологии. Применительно к строительству в расчет стали приниматься затраты на сам процесс сооружения

объекта, в том числе на проектирование, вовлечение человеческих ресурсов, доставку стройматериалов и утилизацию строительных отходов.

Изменение общественного сознания нашло отражение в новых языковых единицах [2], например, как синонимы для energy efficiency building стали использоваться green building, sustainable building, eco-friendly construction, efficient building construction. Частотность обращения к данным наименованиям способствовала распространению аббревиатур, в частности таких как: EEB вместо energy efficiency building, GB вместо Green Building, EEBC вместо Energy Efficient Building Construction. Перечисленные наименования авторы относят к ядру сформировавшегося лексико-семантического поля «энергоэффективное строительство», которое на данный момент является довольно стабильным образованием.

Описываемое лексико-семантическое поле в целом представляет собой динамичную структуру, оно постоянно пополняется новыми единицами, используемыми для терминологической номинации в рамках разрабатываемых концепций энергоэффективности и энергосбережения. При характеристике лексико-семантического поля авторы опираются на подход, разработанный и широко распространенный в рамках лингвистики [3]. К центру поля авторы относят следующие микрополя: 1) «Building materials» – строительные материалы, например: recycled plastic – переработанная пластмасса; 2) «Constructional details» – части здания, например: storm windows – вторые оконные рамы, building envelope – конструкции, ограждающие здание, оболочка здания, low-E coating – низкоэмиссионное покрытие, SIP – structured insulated panels – структурированные изолирующие панели; 3) «Standards and measurements» – стандарты и измерения, например: AFUE – annual fuel utilization efficiency – среднегодовой показатель расхода топлива; 4) «Benefits» – преимущества: long term savings – долгосрочные сбережения, economic development – экономическое развитие, reduced energy consumption – сокращение энергопотребления; 5) «Methods» – способы, например: natural ventilation – естественная вентиляция, moisture management – управление влажностью, air sealing – воздухонепроницаемое (герметичное) уплотнение, external noise reduction – снижение внешнего шума, sun and UV protection – защита от солнца и УФ-лучей, thermal performance – теплопроизводительность, recirculation – повторный оборот, рециркуляция, retrofitting – переоснащение, модернизация, retrocommissioning – сопоставление фактического энергопотребления здания с ожидаемым по проекту.

Каждое микрополе может быть представлено различными частями речи и включать несколько лексико-семантических групп. Так, микрополе «Building materials» содержит не только конкретные названия материалов, но и их общие характеристики: biodegradable – биоразлагаемый, ecological, environmental и environment-friendly – экологичный, environmentally-safe – экологически безопасный, natural – природный, естественный. Неологизмами в данном микрополе выступают номинанты новых материалов: ferrock – железный камень, материал из отходов стальной промышленности, ashcrete – золобетон, материал, использующий золу от сжигания угля вместо цемента, timbercrete – деревобетон, материал из древесных опилок и бетона.

Каждому из микрополей свойственны определенные черты и особенности языковой структуры и функционирования лексем. Так, если для наименований строительных материалов характерно наличие большого количества неологизмов, то спецификой микрополя «Standards and measurements» является большое число сокращений разных типов, например: eco-home – экологичный дом, NGBS – National Green Building Standards, ACH – Air Changes per Hour, ZNE – Zero Net Energy. Данное микрополе является настолько многочисленным, что может выступать предметом самостоятельного рассмотрения. В рамках проведенного исследования были выявлены наиболее частотные компоненты, к которым отнесены: T как замена Transmittance (T-value), R как замена для Resistance (R-value), Rating (WER – window energy rating) и Ratio (EER – Energy Efficient Ratio), F в качестве сокращения для Factor (Heating Season Performance Factor), S для System (Built-Up Roof System), H для Heat (SHGC – Solar Heat Gain Coefficient), C для Coefficient (SC – Shading Coefficient). В ряде случаев указанные компоненты комбинируются в составе одной аббревиатуры, например: HERS – Home Energy Rating System.

Отличием лексем микрополя «Constructional details» выступает способ образования новых единиц за счет добавления уточняющих частей к широко известным и распространенным именам существительным, относящимся к общетехнической и строительной терминологии. В результате происходит формирование многосоставных наименований, перевод которых на другой язык вызывает затруднения, например: multi-panel window – мультипанельное окно, utility-bill-friendly window – окно, позволяющее экономить на оплате коммунальных услуг, blower door – аэродверь, built-up roof – кровля из рулонного материала, бесчердачная крыша, storm door – зимняя дверь, дополнительная наружная входная дверь, которая обычно навешивается зимой.

Итоги. Семантическое поле «энергоэффективное строительство» представляет собой языковое образование, в структуре которого могут быть выделены устойчивое ядро из нескольких терминов с наиболее общим значением и динамически развивающаяся центральная часть, состоящая из нескольких терминологических микрополей. Периферию поля образуют термины, являющиеся единицами терминосистем «Техника» и «Строительство», их подробное описание авторы относят к перспективам данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Табунщиков, Ю.А. От энергоэффективных к жизнеудерживающим зданиям / Ю.А. Табунщиков // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2005. – № 9. URL: http://esco.co.ua/journal/2005_9/art03.htm

2. Якимович, Е.В. Дизайн как техногенный концепт / Е.В. Якимович // Наука и образование: материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию образования вуза, 18-19 сент. 2012 г.: в 2 ч. / Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т [и др.]. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – С. 336-340.

3. Караулов, Ю.Н. Структура лексико-семантического поля / Ю.Н. Караулов // Филологические науки. – 1972. – № 1. – С. 57-68.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕПОДАВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ СТРУДЕНТАМ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Артемова Е.Б.
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Волгоград

Всякую науку определяет ее метод – метод исследования и решения соответствующих задач. Начертательную геометрию также определяет ее метод. Методом начертательной геометрии является графический метод исследования и решения геометрических задач. Этот метод заключается в том, что геометрические задачи, связанные с пространственными формами предметов окружающего нас мира, исследуются и решаются с помощью чертежей – построенных плоских графических изображений предметов.

В современном вузе начертательная геометрия является единственной геометрической дисциплиной, дающей геометрическое образование будущему инженеру. Геометрическое образование способствует развитию конструкторского мышления, лучшему пониманию ряда вопросов технологии, расчета, экономики и др. Особенно важно геометрическое образование для инженеров-строителей, специалистов транспортного машиностроения, станкостроения, архитекторов. Геометрическое образование существенно необходимо в той отрасли народного хозяйства, где специалист сталкивается с вопросами конструирования, расчета, исследования, эстетики технических поверхностей сложной формы. Поэтому появляется необходимость насыщения учебного курса начертательной геометрии материалом, связанным с вопросами геометрического конструирования, задания и исследования поверхностей. Поэтому необходимо так организовать курс начертательной геометрии, чтобы поверхность как геометрический образ была бы основным объектом изучения.

В 1810 году впервые в России в Петербургском институте Корпуса инженеров путей сообщения было введено изучение начертательной геометрии. За двести с лишним лет пребывания в России этот предмет внес неоценимый вклад в развитие отечественных науки, техники, производства и образования. Россия дала целую плеяду известных ученых, внесших огромный вклад в развитие начертательной геометрии. Сегодня знания, принесенные начертательной геометрией, становятся невостребованными. Технология геометрического моделирования, предлагаемая начертательной геометрией, больше не востребована в современном инновационном высокотехнологическом производстве.

Г. Монж говорил о том, что начертательная геометрия показывает «точное представление на чертеже, имеющем только два измерения объектов трехмерных». То есть начертательная геометрия предлагает метод и инструменты точного отображения трехмерных объектов на плоскости. Разработанная им модель формирования комплексного чертежа позволила сочетать создаваемые изображения на плоскости с последующим наложением на них соответствующих условий проекциями. Г. Монж фактически утверждал, что начертательная

геометрия изучает язык описания, точный метод и инструменты отображения, а это, говоря современным языком, технология процесса создания двухмерных геометрических моделей, а сама дисциплина – геометрическое моделирование.

Геометрическое моделирование – это особая область знания, с одной стороны, это один из этапов производства, с другой – это первая научная область человеческого общества. Геометрическое моделирование является базисной областью знания по отношению к другим наукам. На базе геометрического моделирования появились и успешно развиваются другие науки. Геометрическое моделирование является фактическим связующим звеном между наукой и производством. Чем выше уровень геометрического моделирования, тем эффективнее происходит их взаимодействие.

Сегодня появились качественно новые методы геометрического моделирования, реализуемые на базе компьютерных технологий, позволяющие создать геометрические модели, совпадающие по размерности с оригиналом. В геометрическом моделировании возникли потребности в новых знаниях, необходимых для создания моделей, отвечающих требованиям современных инновационных высокотехнологичных производств. Нельзя забывать базовые положения, выработанные за два столетия. Благодаря им мы имеем успех работы в широкомасштабной инновационной модернизации геометро-графической подготовки, ориентированной на перспективные требования производства, путем внедрения и использования в учебном процессе программных и технических средств мирового уровня.

Основная цель начертательной геометрии как учебной дисциплины – дать будущему инженеру конструктивно-геометрическое образование, которое ему так же необходимо, как и конструктивно-расчетное (строительная механика, сопротивление материалов и др.), дать студенту необходимую теоретическую основу для успешного изучения в дальнейшем курса инженерной графики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швайгер, А.М. Начертательная геометрия. Инженерная графика: Электронное пособие / А.М. Швайгер. – Челябинск: Национальный Союз производителей CD-ROM и мультимедиа, 2000. – С. 121-145.

2. Пиралова, О.Ф. Кракий конспект лекций по Начертательной геометрии: Учеб. для вузов / О.Ф. Пиралова, Ф.Ф. Ведякин. – М.: Академия Естествознания, 2009. – 101 с.

3. Полежаев, Ю.О., Кондратьева, Т.М. Начертательная геометрия (проекционная геометрия с элементами компьютеризации): Учебник / Ю.О. Полежаев, Т.М. Кондратьева. – М.: АСВ, 2010. – С. 45-58.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ ОТ РЕГУЛЯРНОСТИ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ

Дорофеев Ю.Н., Спиридонов Д.А. – студенты
Шимоняк А.А., Лушникова А.Р. – студентки
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Введение

О том, что регулярные занятия физическими упражнениями существенно улучшают функциональное состояние людей различного возраста давно и хорошо известно не только специалистам [1]. Однако теоретические сведения и даже результаты практических исследований не всегда могут убедить обычных студентов в том, что это действительно так. Здесь важно, чтобы они сами смогли получить подобные знания на собственном практическом опыте. Причем, проводя самостоятельно научные исследования в сфере физической культуры, студенты приобретают опыт исследовательской работы, который потом может трансформироваться и в другие сферы деятельности, в том числе и профессиональную.

Поэтому целью настоящего научного исследования было не просто получение и анализ показателей функционального состояния студентов в зависимости от того, занимаются они регулярно физическими упражнениями или нет, но и приобретение личного исследовательского опыта.

Методика и организация исследования

Функциональное состояние студентов определяли при помощи следующих тестов: Physical Working Capacity (PWC170), гарвардский степ-тест.

Тест PWC170 используется для определения физической работоспособности человека, рекомендован Всемирной организацией здравоохранения в 1968 году [2].

С помощью гарвардского степ-теста количественно оцениваются восстановительные процессы после дозированной мышечной работы. Результатом данного теста является индекс, который обозначается как ИГСТ (индекс гарвардского степ-теста) [3].

Кроме этого, косвенным, то есть расчетным способом определяли максимальное потребление кислорода (МПК) [3].

В исследовании приняли участие два юноши и две девушки – студенты филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском. Характеристики испытуемых приведены в табл. 1. Используемое оборудование: метроном, скамейка высотой 32, 54 см; секундомер.

Результаты исследования

Одним из методов определения PWC170 является степ-тест с двумя последовательными нагрузками. Испытуемый за одно повторение нашагивает на скамейку определенной высоты и сходит с нее, тест проводится в течение

определенного времени. Высота шага – 32 см для девушек и 54 см для юношей. Высота шага для юношей повышена для того, чтобы задать оптимальную нагрузку без применения больших частот подъемов (юноши более выносливы по умолчанию), потому как велика вероятность того, что испытуемый не будет успевать совершать необходимое число восхождений за заданное время. Тест выполняется девушками 3 минуты, юношами 5 минут. Первая частота восхождений задается 15 шаг./мин, и рассчитывается величина нагрузки по формуле (1).

$$N = kmhn, \text{ кг·м/мин}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий нагрузку при спуске, для девушек принимается равным 1,3; для юношей – 1,5; m – масса тела, кг; h – высота подъема, м; n – частота восхождений, шаг./мин.

Таблица 1

Характеристики испытуемых

Характеристики	Юноша 1	Юноша 2	Девушка 1	Девушка 2
Возраст	20	20	20	20
Характеристика массы тела	норма	избыточная	норма	норма
Тип сложения	эктоморф.	эндоморф.	эктоморф.	эктоморф.
Рост, см	178	176	170	173
Вес, кг	67,4	84	62,7	60,7
Регулярность занятий, ч/нед.	9	9	0	0
Стаж занятий, лет	0,3	1,5	0	0

Непосредственно после нагрузки измеряется ЧСС, по её величине и по частоте восхождений во время первой нагрузки выбирается частота восхождений во время второй нагрузки. Индикаторным значением ЧСС при проведении теста PWC170 для людей возрастом 20-29 лет является частота до 170 уд./мин, соответствующая аэробной нагрузке, при которой источником энергии является кислород, потребляемый из вдыхаемого воздуха [3]. При анаэробной нагрузке кислород воздуха использоваться не успевает, энергия вырабатывается за счет кислорода в клетках организма – мышцах, жировых отложениях. Поэтому величина ЧСС после второй нагрузки должна быть 170 уд./мин. Мощность второй нагрузки также рассчитывается по формуле (1). Перед началом каждой последующей нагрузки необходимо давать организму отдых 3 минуты, для того чтобы ЧСС вернулась к уровню, приближенному к исходному. Выбранная частота не всегда является достаточной для достижения значения ЧСС 170 уд./мин, тогда производится увеличение нагрузки до тех пор, пока ЧСС не достигнет 170 уд./мин. Величина мощности PWC170 рассчитывается по формуле (2).

$$\text{PWC170} = N1 + (N2 - N1)\left(\frac{170 - f1}{f2 - f1}\right), \text{ кг·м/мин}. \quad (2)$$

По полученной в результате успешно выполненных измерений величине PWC170, кг·м/мин, определяется группа физической работоспособности. Также величина PWC170, Вт (1 Вт = 6,114 кг·м/мин [3, стр. 208]), делится на массу испытуемого для получения показателей удельной физической мощности организма, Вт/кг, затем проводится их оценка. Средние показатели физической работоспособности для девушек возраста 20-29 лет составляют 500-749 кг·м/мин, для юношей – 850-1149 кг·м/мин. Удельная мощность организма для здоровых нетренированных юношей – 2 Вт/кг, для женщин – 1,7 Вт/кг, для активно тренирующихся – 5 Вт/кг и выше. Результативные показатели физической работоспособности и мощности испытуемых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Величины мощности по тесту PWC170 и физической работоспособности испытуемых

Показатель	Юноша 1	Юноша 2	Девушка 1	Девушка 2
PWC170, кг·м/мин	1123,5	1741,5	455,0	556,5
Физическая работоспособность, Вт/кг	4,01 (2,73)	5,03 (3,39)	1,76 (1,19)	2,23 (1,5)

Показатели мощности испытуемых-девушек находятся в пределах нормы для среднетренированного организма. Величины мощности испытуемых-юношей являются соответственно выше среднего и высоким. В результате проведения измерений выяснилось, что физическая работоспособность организмов девушек позволяет сделать вывод о том, что участницы недостаточно тренированные, их показатели ниже нормы. Юноши же являются здоровыми среднетренированными.

Следующим показателем оценки испытуемых стало максимальное потребление кислорода (МПК) – интегральный показатель аэробной работоспособности, который характеризует наибольшее количество кислорода, которое человек способен потребить в течение 1 мин. И у юношей, и у девушек МПК тесно связано с уровнем тренированности, возрастом и массой, поэтому его измеряют также и в относительных единицах – мл/кг·мин. Связь между величиной МПК и состоянием здоровья впервые была обнаружена американским врачом Купером [4]. Он показал, что люди, имеющие уровень максимального потребления кислорода 42 мл/мин·кг и выше, не страдают хроническими заболеваниями и имеют показатели артериального давления в пределах нормы. Более того, была установлена тесная взаимосвязь величины максимального потребления кислорода и факторов риска ишемической болезни сердца: чем выше уровень аэробных возможностей (МПК), тем лучше показатели артериального давления, холестеринового обмена и массы тела. Минимальная предельная величина максимального потребления кислорода для юношей 42 мл/мин·кг, для девушек – 35 мл/мин·кг, что обозначается как безопасный уровень соматического здоровья человека. Фактическую величину МПК можно определить с помощью газоанализатора или с использованием функциональных тестов.

Воспользуемся результатами степ-теста [3].

По результатам данных PWC170 было рассчитано МПК по формуле (3):

$$\text{МПК} = \frac{(1{,}7\text{PWC}170 + 1240)}{m}, \text{ мл/мин·кг.} \quad (3)$$

В ходе расчёта были получены величины МПК, приведённые в табл. 3.

Таблица 3

Величины МПК испытуемых

Показатель	Юноша 1	Юноша 2	Девушка 1	Девушка 2
МПК, мл/мин·кг	46,3	50,0	31,9	36,0

При оценке полученных данных у юношей МПК является выше средней, а у девушек – крайне низким и ниже среднего соответственно. Для более точной оценки физического здоровья принято сравнивать величину МПК по отношению к должной величине МПК (ДМПК), соответствующей средним нормальным значениям для данного возраста и пола.

$$\text{ДМПК} = \text{ДМПК}_0 - (0{,}25 \times \text{возраст}), \text{ мл/мин·кг,} \quad (4)$$

где ДМПК_0 = 52 – для юношей, 44 – для девушек.

Посчитав ДМПК по формуле (4), находим отношение МПК/ДМПК, по которому уточняем уровень физического здоровья. Отношения МПК/ДМПК у испытуемых приведены в табл. 4.

Таблица 4

Величина отношения МПК/ДМПК испытуемых

Показатель	Юноша 1	Юноша 2	Девушка 1	Девушка 2
МПК/ДМПК, %	98,5	106,4	79,8	90

По величине этих отношений следует уточнить, что у юношей уровень физического здоровья выше среднего и высокий, у девушек – средний.

Для испытуемых также определяли индекс гарвардского степ-теста (ИГСТ). Процесс проведения замера заключается в применении степ-теста в течение пяти минут, при котором высота скамьи для юношей 50 см, а для девушек – 43 см, с частотой 30 подъемов в минуту. После этого испытуемый отдыхает в сидячем положении, затем производятся замеры ЧСС за 30 секунд в начале 2-й, 3-й и 4-й минут отдыха [5]. Функциональная подготовленность, определяющая общую физическую работоспособность, выносливость и восстановительную способность организма, оценивается по индексу Гарвардского тестирования. Полученные данные обрабатываются с помощью формулы (5):

$$\text{ИГСТ} = \frac{50t}{(f1 + f2 + f3)}, \quad (5)$$

где t – время выполнения степ-теста; $f1$, $f2$, $f3$ – ЧСС за 30 секунд соответственно в начале 2-й, 3-й и 4-й минуты отдыха.

Показатели индекса ИГСТ для испытуемых приведены в табл. 5.

Таблица 5

Величина ИГСТ испытуемых

Показатель	Юноша 1	Юноша 2	Девушка 1	Девушка 2
ИГСТ	83,8	95,5	35,4	46,6

По полученным данным можно сказать, что у испытуемых-юношей результат – хорошо и отлично соответственно, а у девушек – очень плохо. Данное измерение позволяет оценить, как быстро восстанавливается организм после нагрузки. Выносливость организма напрямую зависит от скорости восстановления сердечно-сосудистой системы к привычному ритму. Чем выше скорость восстановления, тем выносливее организм.

Выводы

1. Было выявлено, что у испытуемых, занимающихся активным видом деятельности, показатели выше средних. Это говорит о том, что организмы испытуемых юношей обладают не только высокой мощностью, но и быстро восстанавливаются после нагрузки.

2. У испытуемых-девушек показатели оказались средними и ниже нормы. Однако в ходе опыта было выявлено, что у одной из девушек показатели варьировались между средними и ниже средних. Так, например, показатель ИГСТ ниже среднего, но величина МПК на среднем уровне. Это говорит о том, что у данного испытуемого организм медленно восстанавливается после нагрузки, но нормально потребляет кислород воздуха.

3. Авторы статьи, они же испытуемые, приобрели практический опыт проведения функциональных физических тестов и написания исследовательских работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние физических упражнений на организм человека // Мир Знаний. URL: http://mirznanii.com/a/131297/vliyanie-fizicheskikh-uprazhneniy-na-organizm-cheloveka (дата обращения: 13.11.2013)

2. Сакрут, В.Н., Казаков, В.Н. Оценка физической работоспособности. Методы и тесты / В.Н. Сакрут, В.Н. Казаков // Медицина – новости и технологии: профилактика и лечение болезней взрослых и детей. URL: http://medbe.ru/materials/sportivnaya-reabilitatsiya/otsenka-fizicheskoy-rabotosposobnosti-metody-i-testy/?PAGEN_2=8 (дата обращения: 13.12.2017)

3. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: ФиС, 1998. – 208 с.

4. Система Купера // Медицинский портал Медицина от А до Я – книги по медицине бесплатно. URL: https://медпортал.com/valeologiya_739/sistema-kupera.html

5. Литвинов, С.А., Иванков, Ч.Т. Технология физического воспитания в высших учебных заведениях / С.А. Литвинов, Ч.Т. Иванков. – М.: ВЛАДОС, 2015. – 306 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция № 2

Гидроэнергетика, возобновляемая энергетика и экология

Гомазков Д.С., Кирносов М.С., Гусева Ю.В. Влияние строительства ГЭС на изменение химического состава речной воды…….. 3

Курбалева А.Э., Золотарская Е.С., Гусева Ю.В. Особенности регулирования речного стока в Волго-Ахтубинской пойме с учетом режимов водоспуска Волжской ГЭС……... 5

Карпенко И.А., Трохимчук М.В. Обеспечение кавитационной стойкости гидротурбин…….. 8

Пажитных Д.В., Бондаренко Н.Е., Устинова Л.Г. К вопросу компоновки микро-ГЭС……. 12

Кульков В.Г., Цирульников П.П. Демпфирование вибраций в металлах с неоднородной зерненной структурой……... 16

Коновский М.С., Ганжа О.А. О проблеме антропогенного воздействия на территорию Волго-Ахтубинской поймы (на примере исследования гидрографической сети)…… 19

Попов К.А., Хлынов Д.С., Рябов А.Ю., Стрижиченко А.В. Анализ выработки мощности и потерь при передаче электроэнергии на Чебоксарской ГЭС…… 25

Трохимчук К.А., Постнова А.Н. Принципы районирования по степени интенсивности пылевыделения дисперсных пород при проведении земляных работ в зонах городских агломераций……... 28

Секция № 3

Энергетическая безопасность

Желясков С.С., Желяскова О.И., Зенина Е.Г. Исследование эффективности применения частотно-регулируемых приводов кранов и грузоподъемных механизмов……. 30

Петровский А.А., Стрижиченко А.В. Влияние условий работы на ресурс СПЭ-изоляции кабельных линий……. 33

Кульков В.Г., Сыщиков А.А. Повышение безопасности энергетического оборудования за счет демпфирования различных частот в пористых материалах……. 38

Питецкая К.Т., Стрижиченко А.В. Анализ аварийности различных видов выключателей……. 41

Желяскова О.И., Абрамова Ю.В., Карпов Г.А., Васильева И.Л. Перспективы использования инновационных проводников в объектах сетевого комплекса…… 45

Желяскова О.И., Султанов М.М. Исследование и повышение эффективности энергобалансов в работе региональной энергосистемы……. 50

Секция № 4

Образование в энергетической отрасли

Якимович Е.В. Вербализация концепта «энергетическая безопасность» в англоязычном дискурсе……. 52

Якимович Е.В., Евстигнеева Е.Е., Рогачёва А. Терминологическое наполнение семантического поля «энергоэффективное строительство» в английском языке……... 55

Артемова Е.Б. Об особенностях преподавания начертательной геометрии студентам технических вузов…….. 58

Дорофеев Ю.Н., Спиридонов Д.А., Шимоняк А.А., Лушникова А.Р. Зависимость показателей функционального состояния студентов от регулярности занятий физической культурой……... 60

РЕСУРСОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

СЕКЦИИ II-IV

г. Волжский
26 декабря 2017 г.

Сборник материалов конференции

Редактор *Юрина В.В.*
Корректор *Константиненко Н.Н.*

Подписано в печать 20.08.2018. Формат 60×84/16.
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 3,8.
Тираж 100 экз. Заказ № 556.

Издатель Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
Отпечатано Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69