

ТРУДЫ ОАО «НИПТБ«Онега»

Выпуск 7

Конструкторские разработки



Северодвинск
2012

УДК 621

Труды ОАО «НИПТБ «Онега». Конструкторские разработки [Текст] : сб. научн. тр. / ОАО «НИПТБ «Онега» - Вып. 7 – Северодвинск: 2012.
Стр. 88, рис. 34, табл. 8.

В сборнике опубликованы статьи работников ОАО «НИПТБ «Онега», в которых обобщен опыт, накопленный организацией при разработке конструкторской и проектной документации за последние годы.

© ОАО «НИПТБ «Онега», 2012

ТРУДЫ ОАО «НИПТБ «Онега»

Выпуск 7

Конструкторские разработки



Северодвинск,
2012

Содержание

Конструктивно-технологическое совершенствование технологии восстановления работоспособности парожекторной холодильной машины Э500 при деформированном корпусе испарителя	
А.В. Дьячков, Д.А. Дерябин, Е.А.Юрьев	5
Опыт разработки и внедрения комплекта оборудования для выгрузки низкоактивных ТРО из хранилищ навалного типа Смоленской АЭС	
К.Н. Куликов, Ю.С. Журавлёв, С.Н. Росляков, А.А. Михеев, С.А. Ерзылёв	11
Особенности разработки пульта управления погружных электродвигателей	
В.А. Иванова, Е.А. Кацюба	17
Опыт разработки систем КУД объектов при реконструкции специализированного комплекса ОАО «ЦС «Звёздочка»	
Н.П. Гузанов, А.А.Сучков, К.И. Турищев, С.В.Попов	23
Перспективы решения задач в области обращения с промышленными отходами и практической апробации предлагаемых решений в условиях научно-исследовательской лаборатории	
Ю.Н. Соснина, Г.А. Богданов, Ю.Н. Мамошина	27
Перспективы развития компоновки и оборудования жилой зоны корабля	
В.А. Хаванов, О.Н. Андросенко, А.В. Смуров	32
Плавучая ёмкость для сбора ЖРО	
О.М. Салыкин, К.Н. Куликов, С.И. Матвиенко, А.А. Данилин, С.В. Попов	35
Погружной герметичный электродвигатель	
С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, В.А.Иванова	40
Подшипник для погружных электродвигателей открытого исполнения	
С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, В.А. Иванова	45
Реализация инженерного подхода к постановке задачи оптимизации радиационной защиты в практике проектно-технологического бюро	
А.Ю. Благовещенский	51
Регулирование гидравлических параметров трубопроводной системы после выполнения ремонта и в процессе эксплуатации	
С.И. Матвиенко, С.В. Попов, А.И. Лычаков	63
Совершенствование систем охлаждения асинхронных электродвигателей	
В.А. Иванова, С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов	68

Создание тренажёра для обучения и поддержания практических навыков сотрудников аварийно-спасательных формирований	
С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, К.И. Турищев.....	71
Способ защиты от биообрастания погружных электродвигателей открытого исполнения	
С.И. Матвиенко, С.В. Попов, В.А. Иванова	78
Улучшение параметров микроклимата в производственных помещениях ОАО «НИПТБ «Онега»	
Г.А. Богданов, Г.В. Фофанов, Г.С. Богданова	84

**Конструктивно-технологическое совершенствование технологии
восстановления работоспособности парожекторной холодильной машины
Э500 при деформированном корпусе испарителя**

А.В. Дьячков, Д.А. Дерябин, Е.А.Юрьев

Самым распространённым и универсальным источником холода в технике являются холодильные машины, холодопроизводительность которых лежит в интервале от нескольких сотен ватт до нескольких мегаватт.

Парожекторная холодильная машина применяется на отечественных судах с ППУ и предназначена для обеспечения работы системы кондиционирования воздуха и других потребителей холодной воды.

В статье рассматриваются вопросы в части конструктивно-технологического совершенствования технологии восстановления работоспособности парожекторной холодильной машины типа Э500 (далее ПЭХМ).

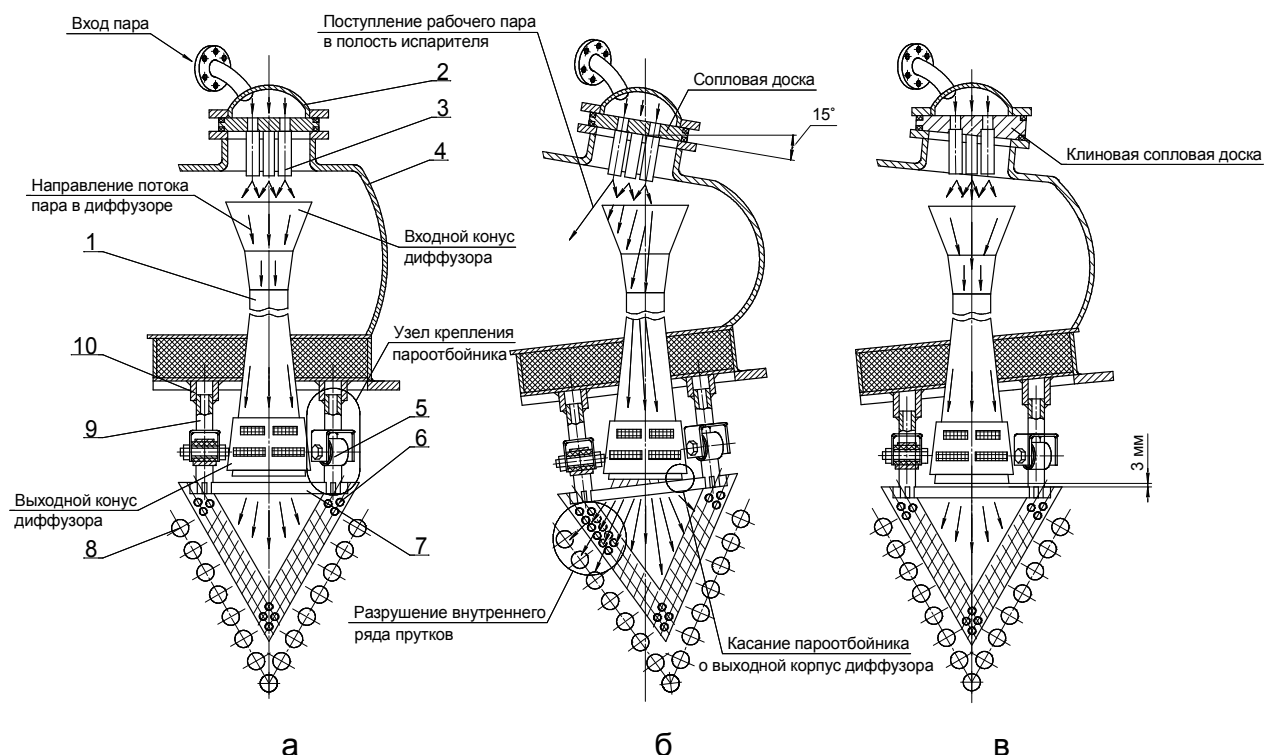
Основные характеристики ПЭХМ и их значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики ПЭХМ и их значения

Характеристики	Значение
1	2
Температура рабочей воды на входе в испаритель, °С	от 5 до 12
Температура рабочей воды на выходе из испарителя, °С	от 1 до 7
Вакуум в конденсаторе , МПа (кгс/см ²)	от минус 0,095 (минус 0,95) до минус 0,075 (минус 0,75)
Давление пара перед главными эжекторами, МПа (кгс/см ²)	1,27 (12,7)
Давление пара перед вспомогательными эжекторами, МПа (кгс/см ²)	0,9 (9)

Устойчивая и надёжная работа холодильной машины зависит от многих факторов, в числе которых дозированная подача пара из сопел на входные конуса диффузоров эжекторов, а также определённое количество паровоздушной смеси, поступающее на выходе из диффузоров в направлении паротбойников. При

поступлении пара, сопла должны располагаться на одной оси с входными конусами диффузоров эжекторов, а пароотбойники на одной оси с выходными конусами. Горизонтальная плоскость пароотбойника должна находиться параллельно плоскости выходного конуса диффузора. Расположение узлов ПЭХМ, участвующих при приёме и передаче пара, а также направление потока пара приведены на рисунке 1 (а).



а – поток пара в ПЭХМ до деформации корпуса испарителя; б – поток пара после деформации корпуса испарителя в – потока пара после выполненного ремонта

1 – диффузор; 2 – паровая коробка; 3 – сопло; 4 – испаритель;
5 – пароотбойник; 6 – прутки; 7 – втулка пароотбойника; 8 – трубы охлаждения
главного конденсатора; 9 – вилка; 10 – втулка

Рисунок 1

Рабочий пар через регулятор давления пара поступает на паровую коробку (2), далее в сопла (3) главного эжектора, где потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую. Скорость пара возрастает. Струя рабочего пара, увлекая холодный пар и воздух, идущий из испарителя (4), смешивается с ним и поступает во входной конус диффузора (1) эжектора. Смесь воздуха, рабочего и холодного пара, сжимаемая в диффузоре, сбрасывается из выходного конуса диффузора в главный конденсатор, проходя через вертикально расположенный пароотбойник (5), состоящий из рядов прутков (6), которые служат для торможения

потока пара, предохраняя трубки охлаждения главного конденсатора (8). Пароотбойник (5) крепится подвижным соединением втулки пароотбойника (7) с вилкой (9), которая жестко установлена к втулке (10) днища корпуса испарителя. Узел крепления пароотбойника приведён на рисунке 1 (а).

В процессе эксплуатации ПЭХМ возникают нештатные ситуации, которые часто приводят к возникновению избыточного давления в корпусе испарителя холодильной машины и, как следствие, к изменению его геометрии.

При деформации в верхней части корпуса может происходить отклонение плоскости сопловой доски от горизонтальной плоскости верхнего конуса диффузора на угол более 15° , а также отклонение её оси от оси диффузора эжектора, после чего части сопел сопловой доски становятся направлены с отклонением от верхнего конуса диффузора, который предназначен для приёма рабочего пара. Отклонение сопловой доски изображено на рисунке 1 (б).

При деформации в нижней части корпуса испарителя происходит отклонение оси пароотбойника от оси диффузора, а также отклонение горизонтальной плоскости пароотбойника от плоскости выходного конуса диффузора. В отдельных случаях отклонение пароотбойника приводит к касанию его о выходной конус диффузора или недостаточному зазору между ними, что создаёт повышенный шум, металлический стук. От неравномерного поступления потока струи пара на внутренние и наружные прутки пароотбойника возникает повышенная эрозия (разрушение) внутренних прутков; наиболее удалённых – до 80 %, наружных – до 10 %. Пароотбойники с отклонением на сторону перестают выполнять свои прямые функции по торможению пара на большой скорости, чтобы, в случае эрозии внутренних прутков, предохранить главный конденсатор. Машина начинает работать нестабильно. Изменения положения пароотбойника и направления потока пара в случае деформации корпуса испарителя приведены на рисунке 1 (б).

Дефект существенно влияет на ряд технических характеристик, которые необходимы для поддержания длительной, надёжной и безопасной работы машины. Неравномерное поступление рабочего пара в эжектор и главный конденсатор, в результате смещения сопловых досок и пароотбойников, приводит к следующим последствиям:

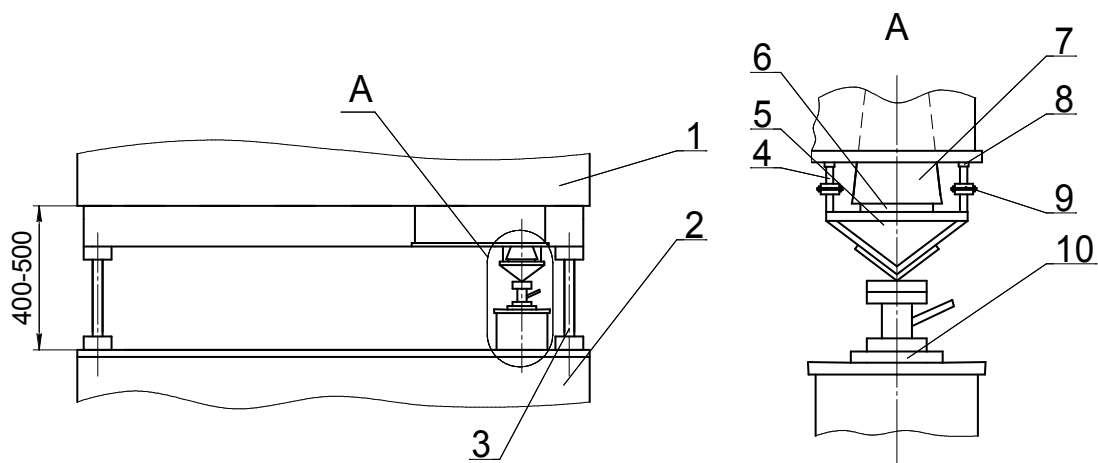
- падает хладопроизводительность машины;
- увеличивается по времени длительность поднятия вакуума;
- повышается температура рабочей воды на потребители;
- повышается солесодержание конденсата;
- машина в автоматическом режиме работает нестабильно;

- увеличивается шумность;
- увеличивается вибрация;
- появляются гидравлические удары при пуске машины.

Ремонтной документацией предусмотрена технология восстановления направления потока пара из сопел в диффузор при деформации корпуса испарителя в верхней его части. Ремонт заключается в изготовлении новых клиновых сопловых досок на фланцы корпуса испарителя с учётом его деформации. Клиновые сопловые доски позволяют восстановить соосность сопел по отношению к диффузору, а также соответствие плоскости сопловой доски по отношению к плоскости верхнего конуса диффузора эжектора. В результате замены сопловых досок весь объём рабочего пара, ускоряясь, поступает в нужном направлении в эжектор и, тем самым, выполняет свою естественную функцию, отсасывая воздух и холодный пар испарения, что создаёт необходимое давление и температуру испарения для создания глубокого вакуума. Ремонт подразумевает следующие работы:

- демонтаж навесного оборудования, арматуры и подводящих трубопроводов к испарителю;
- проведение пневматических испытаний корпуса испарителя;
- заварка трещин, выявленных в результате испытаний;
- проведение повторных пневматических испытаний корпуса;
- изготовление новых клиновых сопловых досок в верхней части корпуса с учётом его деформации.

Авторами статьи предлагается вариант восстановления направления потока пара при выходе его из диффузора эжектора в нижней части корпуса испарителя путём выравнивания оси пароотбойника с осью выходного конуса диффузора и восстановления соотношения плоскости пароотбойника с горизонтальной плоскостью конуса диффузора, изменив размер вилок крепления пароотбойника для равномерного поступления паровоздушной смеси из диффузора на пароотбойник. Восстановление потока пара в нижней части корпуса позволит исключить оставшиеся нежелательные факторы, связанные с деформацией; создать условия для продолжительной, надёжной, безопасной работы холодильной машины. На рисунке 1 (в) приведён общий вид восстановления направления потока пара после проведённого ремонта в верхней и нижней частях корпуса испарителя. Установка пароотбойников к днищу корпуса показана на рисунке 2.



1 – испаритель, 2 – конденсатор, 3 – стойка, 4 – вилка, 5 – паротбойник, 6 – пластина, 7 – выходной конус диффузора, 8 – втулка днища корпуса, 9 – втулка паротбойника, 10 – приспособление.

Рисунок 2 – Установка паротбойников к днищу корпуса

Для ремонта паротбойников, с целью восстановления потока пара в нижней части корпуса испарителя, необходимо провести следующие работы:

- произвести демонтаж и установку испарителя (1) на главный конденсатор (2) с помощью четырёх вертикальных стоек (3) на высоту от 400 до 500 мм, жёстко закрепить их в отверстия фланцев испарителя и главного конденсатора;
- произвести разметку паротбойников по порядковым номерам с занесением в табличную форму по четыре графы на каждый номер (нос, корма, левый и правый борт);
- выполнить измерения величины отклонения каждого паротбойника от параллельной плоскости своего выходного конуса диффузора в четырёх точках с четырёх сторон, зафиксировав результаты измерений в табличной форме, согласно своему порядковому номеру;
- определить количество паротбойников, имеющих отклонение в пределах допуска, и количество паротбойников, имеющих максимальную величину отклонения, их расположение;
- демонтировать паротбойники с максимальным отклонением, для чего необходимо:

1) срезать вилки паротбойника (4), приваренные к втулкам днища корпуса (8), на расстоянии от 15 до 20 мм от корпуса;

2) определить необходимую длину новых вилок (4) с учётом величины отклонения и расстояния от днища корпуса до подвижного крепления втулки пароотбойника (9);

3) изготовить новые вилки (4) с учётом измерений;

4) произвести сборку вилок (4) с втулками пароотбойника (9) без обжатия гаек;

5) установить приспособление (домкрат) (10) для поджатия пароотбойника (5) к выходному конусу диффузора (7);

- приспособлением (10), перемещая пароотбойник (5) вверх, завести вилки (4) во втулки днища корпуса (8), затем прижать пароотбойники (5) до касания о плоскость конуса по всему контуру, предварительно установив стальную пластину (6) толщиной 3 мм между выходным конусом диффузора (7) и пароотбойником (5). Выполнить прихватки сваркой вилок (4) к втулкам корпуса (8). Убрать пластину (6), проконтролировав щупом зазор между пароотбойником (5) и конусом (7), величина зазор должен быть от 3 до 4 мм. Приварить вилки (4) к втулкам корпуса испарителя (8). Обжать гайки подвижного крепления, затем их стопорить.

Совершенствование технологии восстановления работоспособности ПЭХМ позволяет восстанавливать её технические характеристики, при этом сохраняется также трубная полость конденсатора от повреждения, исключаются металлоёмкие и трудоёмкие работы по восстановлению геометрии формы корпуса испарителя.

Библиография

1 Восстановление деталей при ремонте судов [текст] / Т.Г. Кравцов, В.П. Сторожев. – М., Транспорт, 1981. – 119 с.

2 Восстановление эффективности судовых энергетических установок [текст] / А.М. Подсушный. – Л.: Судостроение, 1975. – 216 с.

3 Монтаж холодильных установок [текст]: учеб. для СПТУ / А.В. Анохин, Б.А. Тыркин – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. – 280 с.

4 Судовые холодильные установки и машины [текст] / Ю.С. Петров, В.Т. Олейниченко, А.А. Чуркин. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 354 с.

5 Холодильные машины [текст]: учеб. для вузов / И.А. Сакун. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.

**Опыт разработки и внедрения комплекта оборудования
для выгрузки низкоактивных ТРО из хранилищ навалального
типа Смоленской АЭС**

К.Н. Куликов, Ю.С. Журавлёв, С.Н. Росляков, А.А. Михеев, С.А. Ерзылёв

К настоящему времени на действующих АЭС назрели серьёзные проблемы хранения твёрдых радиоактивных отходов (ТРО). По данным Концерна «Росэнергоатом» степень заполнения хранилищ ТРО большинства АЭС составляет более 60 %. По состоянию на 2007 г. хранилища ТРО Смоленской и Курской АЭС были заполнены более чем на 80 %, при этом ТРО находятся в хранилищах в некондиционном виде – «навалом». Для уменьшения объёма ТРО необходимо их извлечение из хранилищ, сортировка и предварительная переработка. Извлечение ТРО производится с помощью грейфера или вручную.

В соответствии с контрактами, заключёнными с ОАО Концерн «Росэнергоатом», специалистами ОАО «НИПТБ «Онега» проводились работы по теме: «Выполнение работ по подготовке к выводу из эксплуатации АЭС в части обращения с РАО и дезактивации оборудования», в том числе: «Разработка технологии и оборудования для осмотра и ревизии ТРО в хранилищах, извлечения отходов из ёмкостей ТРО для их переработки и обеспечения организованного хранения».

Целью выполнения данных работ являлось создание установки дистанционного извлечения ТРО из хранилищ «навалального» типа.

В процессе достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработка комплекта рабочей конструкторской документации (РКД) установки извлечения ТРО из хранилища Смоленской АЭС (САЭС);
- разработка программы и методики испытаний, эксплуатационной документации установки извлечения ТРО из хранилища САЭС;
- изготовление и испытания установки извлечения ТРО;
- внедрение установки извлечения ТРО в опытную эксплуатацию.

При проведении работ, в процессе рабочего проектирования, первоначальный вариант установки извлечения ТРО, предусмотренный техническим проектом, был функционально разделен на:

- комплект оборудования для демонтажа плит перекрытия;
- комплект оборудования для извлечения ТРО.

Достижение цели выполнения работ обеспечивалось путём:

- внедрения современных эффективных методов строительной диагностики – магнитосканирования железобетонных перекрытий хранилищ АЭС для определения пространственного положения арматуры;

- внедрения современных высокопроизводительных методов резания железобетонных конструкций с использованием алмазного режущего инструмента (см. рисунок 1);



Рисунок 1 – Вырезка плиты перекрытия с применением алмазной дисковой пилы

- максимального использования в составе проекта современного, зарекомендовавшего себя и широко применяемого в мировой практике оборудования;

- использования в составе проекта многофункциональной электрогидравлической машины BROKK 90 N или Top Tec 1850E (смотри рисунок 2), крана-манипулятора HIAB HS 099E-4HiDuo (смотри рисунок 3);



Рисунок 2 – Дистанционно-управляемая электрогидравлическая машина Top Tec



Рисунок 3 – Выгрузка ТРО из ХЖТРО на САЭС краном-манипулятором HIAB

- применения в составе проекта систем дистанционного управления и видеонаблюдения, обеспечивающих работу технологического оборудования по выгрузке ТРО (см. рисунок 4);
- использования в составе проекта унифицированного сменного навесного оборудования для выгрузки и перемещения ТРО;
- применения в составе проекта быстроразборной конструкции тента-укрытия, обеспечивающего локализацию распространения пыли и водного тумана, образующегося в процессе резания плиты, по рабочему помещению;



Рисунок 4 – Помещение операторов в модуле управления

- применения в составе проекта быстроразборной конструкции тента-укрытия, обеспечивающего локализацию возможных выбросов радиоактивных аэрозолей и пыли в зоне работ по извлечению ТРО (смотри рисунки 5, 6);



Рисунок 5 – Тент-укрытие



Рисунок 6 – Модуль управления над проёмом перекрытия

- разработки специального модуля управления, обеспечивающего комфортные условия и необходимую степень биологической защиты

обслуживающего персонала от ионизирующего излучения, радиоактивных аэрозолей и пыли в процессе извлечения низкоактивных ТРО (смотри рисунки 4, 6);

- формирования необходимого комплекта нестандартного оборудования и оснастки для демонтажа плит перекрытий и извлечения ТРО (смотри рисунки 7, 8);
- разработки необходимого комплекта эксплуатационной документации;
- разработки программы и методики испытаний комплекта оборудования для извлечения ТРО.

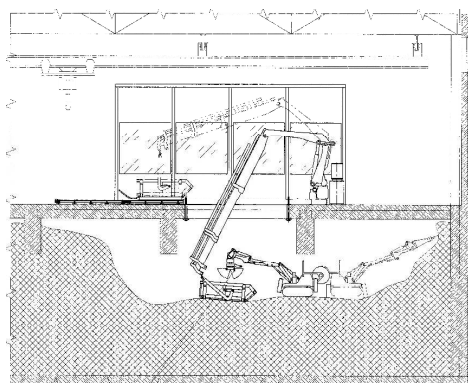


Рисунок 7 – Демонтаж плиты перекрытия с применением гидравлического портала



Рисунок 8 – Комплект оборудования для извлечения ТРО

В основу выбора технических и технологических решений заложен принцип минимизации вредного воздействия на персонал ионизирующего излучения, радиоактивных аэрозолей и пыли, минимизации загрязнения окружающей среды в процессе извлечения низкоактивных ТРО.

В качестве базовой концепции в разработанных документах принят принцип безопасности при эксплуатации технологического оборудования на всех стадиях работ по извлечению ТРО.

В процессе проведения работ был проведён широкий информационный поиск, в результате которого было выбрано необходимое технологическое оборудование и определены поставщики оборудования и комплектующих изделий.

В результате выполнения работ была разработана в полном объёме рабочая конструкторская и эксплуатационная документация в соответствии с требованиями норм и правил [1, 2, 3].

Это позволило начать закупку необходимого комплектующего оборудования и последующую практическую реализацию проекта.

Нестандартное оборудование было изготовлено ОАО «345 механический завод». Там же был изготовлен разработанный ОАО «НИПТБ «Онега» стенд-

имитатор (смотри рисунок 9), на котором успешно провели «холодные» испытания комплекта оборудования для извлечения ТРО.



Рисунок 9 – Стенд-имитатор для проведения «холодных» испытаний

Поставку покупного оборудования и пуско-наладочные работы выполнило ЗАО «Альянс-гамма», специалистами которого были проведены работы по демонтажу плиты перекрытия хранилища ТРО на САЭС и смонтировано оборудование для извлечения ТРО.

Реализация разработанного проекта на САЭС позволила:

- выполнить практическую отработку технологии демонтажа крупногабаритных железобетонных конструкций применительно к условиям хранилищ ТРО навалного типа;
- выполнить практическую отработку технологии извлечения низкоактивных ТРО из хранилищ навалного типа, что создаёт реальные предпосылки к разработке универсального комплекса по извлечению среднеактивных и высокоактивных ТРО;
- с учётом опыта и по результатам, полученным при опытной эксплуатации примененного в проектах оборудования, создать мобильный универсальный комплекс по извлечению низкоактивных ТРО из хранилищ навалного типа для использования комплекса по назначению на других АЭС.

Дополнительно предусмотрено внедрение технологии сухого алмазного резания железобетонных конструкций. В этом случае охлаждающая жидкость и цементные аэрозоли удаляются из зоны резания специальными вакуумными системами, входящими в состав комплекта оборудования для демонтажа плит перекрытия.

Полученный опыт также был использован при выполнении ОКР «Разработка технологий и оборудования для обеспечения мероприятий по выводу из эксплуатации, реабилитации, реконструкции ядерно и радиационно-опасных объектов судостроительной промышленности и переработки накопленных

радиоактивных отходов» (шифр «Технология ЯРБ») в рамках Государственного контракта, заключенного между Департаментом судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга России и ОАО «НИПТБ «Онега» [4].

Библиография

1 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [Текст]: 2.6.11 Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, СанПиН 2.6.1.2523-09: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 07.07.2009: введ. 01.09.2009. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100с. – (Гос. сан.-эпид. правила и нормативы). – ISBN 978-5-7508-0805-2.

2 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) [Текст]: 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, СП 2.6.1.2612-10: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.04.2010: введ. 17.09.2010. – Минздрав России, 2010. – 98 с. – (Гос. сан.-эпид. нормирование РФ. Гос. сан.-эпид. правила и нормативы). – ISBN 5-93114-020-4.

3 Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002) [Текст]: 2.6.6. Радиоактивные отходы, СП 2.6.6.1168-02: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16.10.2002: введ. 01.01.2003. – Минздрав России, 2003. – 32 с. – (Гос. сан.-эпид. нормирование РФ. Гос. сан.-эпид. правила и нормативы). – ISBN 5-93630-252-0.

4 Обращение с ТРО [Текст]: отчёт об ОКР (промежуточ.): ЯНМИ.0435.00.008/ОАО «НИПТБ «Онега»; рук. Данилин А.А.; исполн.: Журавлёв Ю.С. [и др.]. – Северодвинск, 2009. – 83 с. - № ГР У90491. – инв. № 91435.

Особенности разработки пульта управления погружных электродвигателей

В.А. Иванова, Е.А. Кацюба

В процессе выполнения ОКР «Ротор-Винт» были предусмотрены испытания погружного электродвигателя (далее – ПЭД) мощностью до 3 кВт, что повлекло за собой необходимость проектирования и изготовления пульта управления ПЭД.

Пульт был разработан для управления ПЭД и контроля его основных параметров, но также может быть использован для любых асинхронных электродвигателей соответствующей мощности.

Пульт обеспечивал режимы испытаний, предусмотренные программой и методикой [1]:

- номинальный режим при испытаниях ПЭД в погружённом состоянии (пробный пуск, опыт холостого хода);
- режим, отличный от номинального, при опыте короткого замыкания.

Основными назначениями пульта управления во время проведения испытаний ПЭД являются:

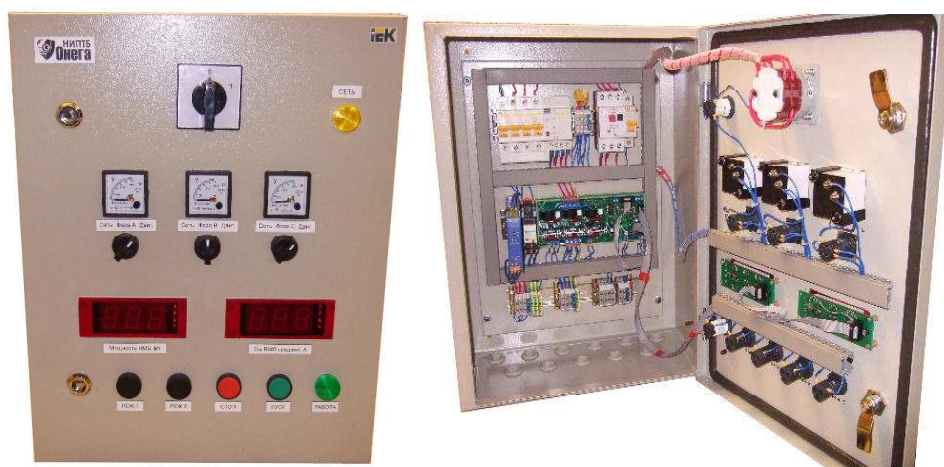
- управление работой ПЭД с помощью встроенных органов управления;
- измерение, обработка и отображение фазных напряжений ПЭД, подводимую к ПЭД мгновенную полную мощность и среднеквадратичное значение фазного тока ПЭД (усреднённое для трёх фаз) с помощью встроенных измерительных приборов и модуля управления и индикации;
- защита пульта управления от повышенного входного напряжения, перегрузки по допустимому фазному току и отсутствия напряжения любой из фаз с помощью встроенных элементов защиты.

К пульту были предъявлены следующие требования:

- степень защиты корпуса щита по ГОСТ 14254-96 – IP54;
- диапазон рабочих температур при относительной влажности воздуха не более 80 %, °С – от плюс 15 до плюс 35;
- электропитание – от трёхфазной электрической сети 50 Гц 380 В;
- класс точности всех встроенных измерительных приборов – 2,5;
- диапазон измерения по напряжению, В – от 0 до 250;
- диапазон измерения по току, А – от 0 до 9,99;
- диапазон измерения по мощности, кВт – от 0 до 9,99;
- диапазон мощностей нагрузки, кВт – от 0,5 до 1,4.

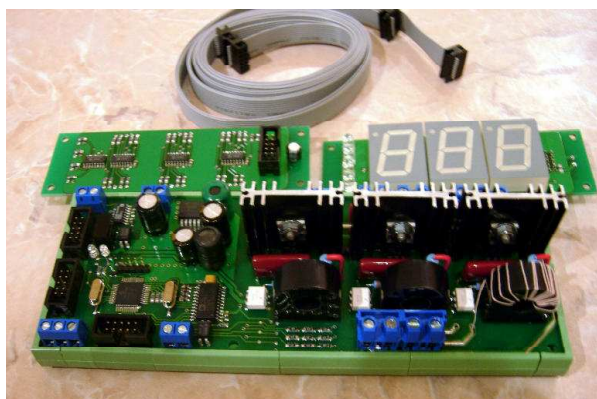
Пульт управления выполнен на базе стандартного корпуса размером 400×220×500 мм и массой 12,4 кг [2], который представляет собой металлический

корпус со съёмной монтажной панелью и дверцей, со степенью защиты IP31 согласно ГОСТ 14254 [3]. Для уплотнения дверцы пульта применён двухкомпонентный герметик и пылевлагонепроницаемый замок. Внешний вид пульта управления представлен на рисунке 1.



а

б



в

а – вид лицевой панели; б – вид с открытой дверцей; в – печатная плата модуля управления и индикации

Рисунок 1 – Внешний вид пульта управления

В дверцу щита вмонтированы: переключатели и кнопки, управляющие работой ПЭД, КИП (ваттметры, вольтметры и амперметры), автоматический и дифференциальный выключатели, ограничитель импульсных перенапряжений, расцепитель минимального напряжения и светосигнальная арматура.

Для крепления навесных элементов с внутренней стороны дверцы щита дополнительно предусмотрены стойки и монтажные рейки. В днище щита с внешней стороны вмонтированы: розетка для подключения к пульта управления ПЭД и три сальника для вывода электрических кабелей заземления и силовых кабелей от трёхфазной сети электропитания. На монтажную панель, прикреплённую к задней стенке щита с внутренней стороны, установлены при помощи монтажной рейки

контактные зажимы, нулевая шина, контактор и электротепловое реле. Трансформаторы тока крепятся непосредственно к монтажной панели.

Согласно схеме (см. рисунок 2) пульт управления состоит из следующих модулей и элементов:

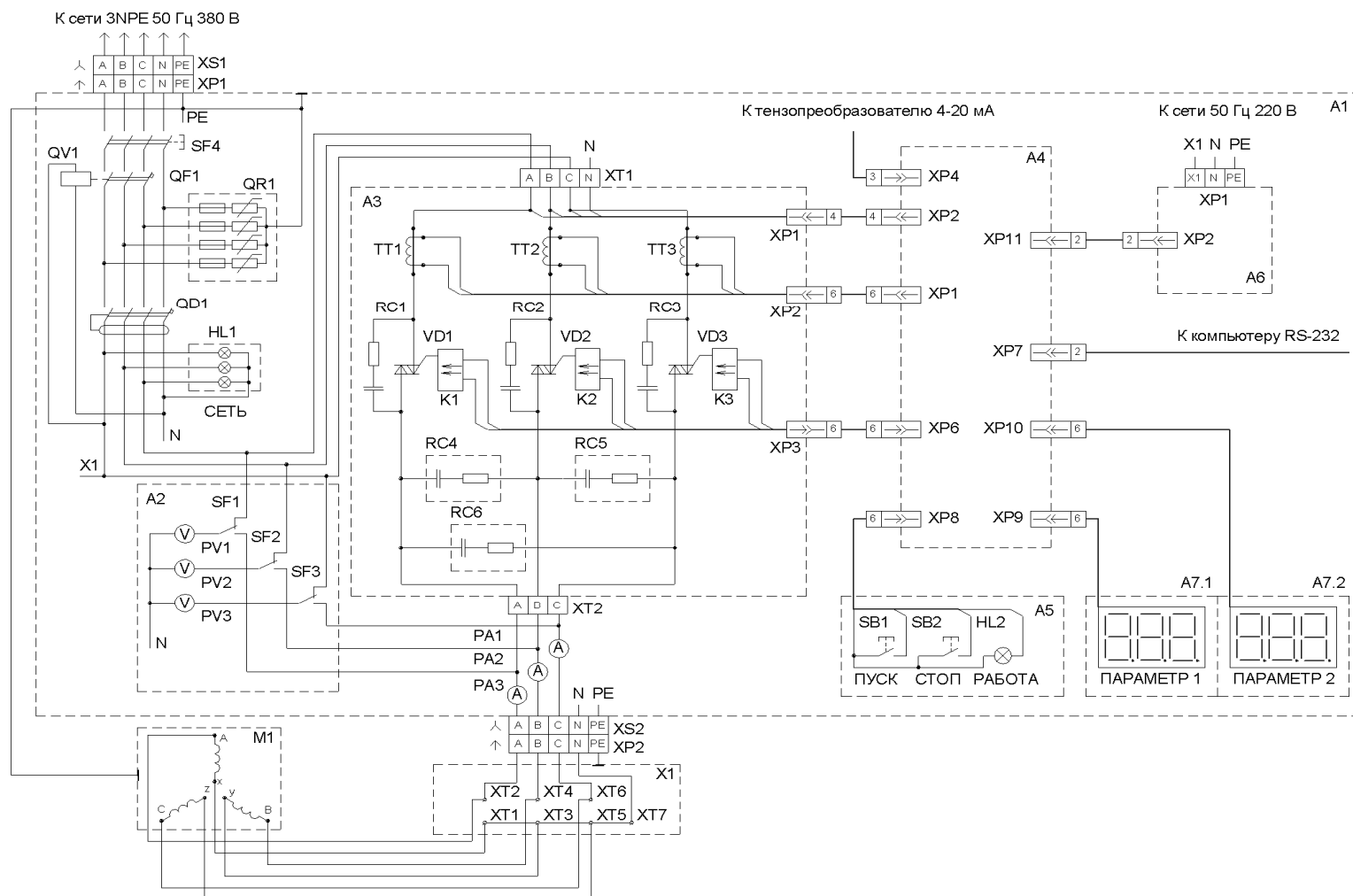
- SF1 – выключатель питания общий, четырёхполюсный;
- QR1 – ограничитель для защиты схемы пульта управления от импульсных перенапряжений. Дифференциальный выключатель QD1 необходим в схеме пульта управления для корректного введения ограничителя QR1;
- QD1 – дифференциальное устройство защиты от токов утечки «на землю» и повышенного фазного напряжения. Номинал защиты зависит от значения классификационного напряжения варисторов VR1-VR3 (для работы от сети 50 Гц 380 В классификационное напряжение составляет 430 В, для испытаний повышенным на 30 % напряжением – 680 В);
- QV1 – расцепитель минимального напряжения введён в схему пульта управления с целью отключения его от сети в случае падения напряжения фазы ниже установленного значения;
- QF1 – автоматический выключатель с функциями электромагнитной и регулируемой тепловой защиты отключается от сети автоматически в случае повышения напряжения выше установленных значений;
- A2 – модуль контроля фазных напряжений. При помощи переключателей SF2-SF4 выбираются точки контроля напряжения с помощью вольтметров PV1-PV3 – до или после модуля регулятора;
- A3 – модуль регулятора. Осуществляет контроль фазных токов и напряжений, их управляемую коммутацию, фильтрацию напряжения;
- TT1-TT3 – токовые трансформаторы (с коэффициентом передачи 1000:1) предназначены для передачи сигнала, пропорционального току фаз, в модуль управления для расчёта текущего среднеквадратичного значений тока, мощности и функции ограничения по току при плавном пуске гребной установки;
- VD1-VD3 – симметричные тиристоры КУ709Г (симисторы) являются основными силовыми элементами, коммутируемые модулем управления через промежуточные оптические реле K1-K3;
- RC1-RC3 – защитные снабберные цепи для ограничения допустимой скорости нарастания напряжения на закрытом симисторе и предотвращения ложных срабатываний его цепей управления;

- RC4-RC6 – защитные снабберные цепи для ограничения всплесков напряжения, вызываемых электродвижущей силой самоиндукции обмоток гребной установки, и повышения общей электромагнитной совместимости устройства;
- PA1-PA3 – амперметры контроля фазных токов гребной установки;
- A4 – модуль управления. Измеряет текущие значения тока, напряжения, активной и реактивной мощности в цепи питания гребной установки, рассчитывает их среднеквадратичное значение. Реализует функцию плавного пуска гребной установки с ограничением по току или потребляемой активной мощности и дальнейшую защиту от перегрузки. Считывает и обрабатывает сигнал от 4 до 20 мА с тензодатчика (электронного динамометра). Выводит актуальную информацию на два модуля индикации и в последовательный порт RS-232 компьютера;
- A5 – кнопочный пульт с индикацией режима. Передаёт команды оператора в модуль управления, индицирует различные режимы работы;
- A6 – модуль питания модуля управления;
- A7.1, A7.2 – трёхразрядный цифровой модуль индикации с последовательной шиной управления.

Пульт управления разработан таким образом, что трёх вольтметров достаточно для измерения как фазных, так и линейных напряжений обмотки статора ПЭД. Для измерения фазных напряжений необходимо разомкнуть контакты SF1.2, SF2.2, SF3.2 и замкнуть контакты SF1.1, SF2.1, SF3.1, т.е. перевести переключатели в крайнее правое положение. Для измерения линейных напряжений необходимо разомкнуть контакты SF1.1, SF2.1, SF3.1 и замкнуть контакты SF1.2, SF2.2, SF3.2, т.е. перевести переключатели в крайнее левое положение. Механизмы переключателей SF1, SF2, SF3 имеют три положения. Прохождение механизмами среднего нейтрального положения позволяет избежать короткого замыкания на нейтраль при коммутации.

Измерение подводимой к ПЭД мощности осуществляется по схеме двух ваттметров. При этом значение подводимой к ПЭД мощности равно сумме показаний двух ваттметров PW1 и PW2. Показания с ваттметров следует снимать одновременно для каждого измерения.

Для защиты обмотки статора и КИП от перегрева в схему пульта управления введено электротепловое реле КК1, которое, в случае превышения значений тока в цепи питания ПЭД, отключает его от сети. Повторный запуск ПЭД в работу осуществляется нажатием кнопки «ПУСК».



A1 – ПУ; A2 – модуль контроля фазных напряжений; A3 – модуль регулятора фазных токов и напряжений; A4 – модуль управления нагрузкой; A5 – кнопочный пульт с индикацией режима; A6 – модуль питания A4; A7 – модуль индикации; M1 – испытываемая гребная установка.

Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная ПУ ЭУ

Для защиты схемы управления ПЭД от импульсных перенапряжений введён ограничитель QR1. Дифференциальный выключатель QD1 необходим в схеме управления ПЭД для корректного введения ограничителя QR1.

Расцепитель минимального напряжения QV1 введён в схему управления ПЭД с целью отключения ЭУ от сети в случае падения напряжения фазы ниже установленного значения. Автоматический выключатель QF1 отключается от сети автоматически в случае повышения напряжения выше установленных значений.

Пульт управления обеспечил проведение испытаний ПЭД во всех предусмотренных программой-методикой режимах. В дальнейшем возможно изменение конструкции для управления электродвигателем большей мощности.

Библиография

1 Опытный образец погружного электродвигателя, совмещённого с гребной установкой [Текст]: программа и методика испытаний: ЯНМИ.526.512.001ПМ / ОАО «НИПТБ «Онега»; рук. Гузанов; исполн.: Большаков [и др.]. – Северодвинск, 2009. – 35 с. – Инв. № 89 298.

2 Проблемы проектирования погружных электродвигателей открытого типа / С.В. Попов, Н.П. Гузанов, С.И. Матвиенко // Судостроение. 2009. № 1.

3 ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) [Текст]. – Введ. 1997-01-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 57 с. : ил.

Опыт разработки систем КУД объектов при реконструкции специализированного комплекса ОАО «ЦС «Звёздочка»

Н.П. Гузанов, А.А.Сучков, К.И. Турищев, С.В.Попов

Физическая защита объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) предприятий судостроительной промышленности является одним из важных аспектов безопасного развития атомной энергетики.

Системы физической защиты ОИАЭ основываются на следующих базовых принципах:

- зонального построения. Система физической защиты объекта должна строиться по зональному принципу, предусматривающему организацию нескольких рубежей физической защиты, расположенных последовательно на пути продвижения нарушителя;
- равнопрочности. Принцип равнопрочности предполагает сбалансированность значений физической укреплённости и вероятностных характеристик обнаружения по всей границе охраняемой зоны;
- обеспечения надёжности и живучести;
- адаптивности. Система физической защиты должна быть способна адаптироваться под изменяющиеся во времени параметры пространства;
- регулярности контроля функционирования. Осуществление самоконтроля входящих в систему физической защиты элементов (средств обнаружения, линий передачи данных);
- адекватности. Система физической защиты должна быть адекватна принятым моделям угроз и гибко отслеживать изменения потенциальных угроз.

ОАО «ЦС «Звёздочка» является крупнейшим предприятием России по ремонту, модернизации и утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками. Вопросы обеспечения физической защиты ОАО «ЦС «Звёздочка» как ядерно-опасного объекта имеют особое значение [1]. Проект создания системы физической защиты был разработан ПФ «Союзпроектверфь» ОАО «ЦТСС».

В настоящей статье авторами показан опыт разработки локальных систем физической защиты, при разработке ОАО НИПТБ «Онега» проектной документации реконструкции специализированного комплекса ОАО «ЦС «Звёздочка» [2].

Проектной документацией предусматривается реконструкция следующих объектов специализированного комплекса:

- участка дезактивации;

- установки ЭКО-3М;
- спецпрачечной;
- внешних ёмкостей для хранения ЖРО;
- комплекса переработки РАО.

Объекты специализированных комплексов размещаются в зоне расположения специальных объектов предприятия, предназначенных для выполнения радиационно- и ядерно-опасных работ, включая работы по перезарядке реакторов АПЛ, выгрузке загрязненного оборудования, сбору, временному хранению и переработке ЖРО и ТРО.

Локальные системы физической защиты объектов специализированных комплексов являются частью общей системы организационно-технических мер, осуществляемых на предприятии в целях обеспечения безопасности ядерной и радиационной деятельности и сохранности РАО.

В соответствии с НП-034-01 [3] в состав локальных систем физической защиты объектов специализированных комплексов должны входить следующие технические средства:

- средства обнаружения (датчики);
- средства наблюдения;
- пульт управления техническими средствами системы физической защиты;
- средства связи;
- системы обеспечения (электропитанием, электроосвещением и др.).

Также технические средства должны иметь резервные источники электропитания, обеспечивающие работоспособность технических средств системы физической защиты путем автоматического переключения основного электропитания на резервное в случае отключения основного электропитания.

Технические средства системы физической защиты должны обеспечивать ее стабильную работу, при которой отказ какого-либо технического средства системы физической защиты не нарушал ее функционирования в целом и не приводил к отказу другого технического средства системы физической защиты.

Рассмотрим вариант создания локальной системы физической защиты на примере одного объекта.

Для создания системы физической защиты в рамках одного объекта специализированного комплекса ОАО «ЦС «Звездочка» будет выполнена установка охранной сигнализации, видеодомофонной связи, аппаратуры доступа, тревожной сигнализации.

Охранной сигнализацией оборудуются все входы объектов. Она состоит из охранных извещателей и шлейфов охранной сигнализации от охранных извещателей до приёмных устройств.

В качестве приёмных устройств используются приёмно-контрольные охранно-пожарные приборы.

В качестве технических средств охраны используются:

- охранные магнитно-контактные извещатели, установленные на калитках, дверях и воротах объекта;
- охранные поверхностные звуковые извещатели, предназначенные для обнаружения разрушения стекол, установленные в районе оконных проёмов.

Все охранные извещатели подключаются к приёмно-контрольным охранно-пожарным приборам шлейфами охранной сигнализации на основе специализированных кабелей.

При открывании дверей или ворот сигнал от соответствующего охранного датчика поступает приёмное устройство, которое выдает сигнал тревоги и информацию о расположении сработавшего датчика. Далее сигнал подаётся в систему физической защиты предприятия.

Ворота и внешние двери оборудуются видеодомофонной связью. В качестве аппаратуры видеодомофонной связи используются вызывные панели, сигнал от вызывных панелей поступает на видеодомофоны.

Вызывные панели подключаются к видеодомофону «комбинированным» кабелем для систем видеонаблюдения.

Ворота оборудуются аппаратурой контроля доступа, предназначенной для защиты от посторонних лиц и состоящей из кнопочного поста и блока управления, сигнал с которого подаётся на электроприводы ворот.

Технические средства системы контроля и управления доступом имеют резервный источник электропитания типа «РИП», обеспечивающий работоспособность технических средств путём автоматического переключения на резервное электропитание в случае отключения основного электропитания.

В каждом конкретном случае выполняется расчёт необходимой ёмкости аккумуляторной батареи, и производится подбор соответствующего резервного источника питания.

Кроме того проектной документацией предусматривается установка электромеханических замков, совмещённых с системой пожарной сигнализации, в соответствии с планами их размещения, и кнопок тревожной сигнализации.

Сигналы с тревожной и охранной сигнализации из объектов поступают в общезаводскую систему физической защиты и выводятся на пульт охраны.

Разработка проектной документации на локальные системы физической защиты объектов специализированных комплексов ОАО «ЦС «Звездочка» в строгом соответствии с действующими нормами и правилами позволяет создавать оптимальные системы физической защиты, в полной мере вписывающиеся в Общероссийскую систему защиты ядерных и радиационных материалов.

Библиография

1 А.Ю. Моногаров. Создание системы физической защиты на ФГУП «МП «Звездочка» / Вопросы утилизации АПЛ № 3(7) [Текст] : стр. 60 – ЗАО «Издательство «Атомэнергоиздат».

2 В.В. Бармин, В.Я. Березин и др. Опыт реконструкции радиационно-опасных объектов предприятий судостроительной промышленности / Труды ОАО «НИПТБ «Онега». Опыт разработки проектной документации [Текст] : сб. научн. тр. / ОАО «НИПТБ «Онега» - Вып. 6 – стр. 14-28 – Северодвинск: 2011.

3 Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ [Текст] : НП-034-01 : утв. Госатомнадзором России 16.01.2002 : ввод. в действие с 01.02.2002 – НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России – УДК 621.039.

Перспективы решения задач в области обращения с промышленными отходами и практической апробации предлагаемых решений в условиях научно-исследовательской лаборатории

Ю.Н. Соснина, Г.А. Богданов, Ю.Н. Мамошина

В России предприятия ОАО «ОСК», выполняющие ремонт, утилизацию подводных кораблей и судов с ядерными энергетическими установками (далее – ЯЭУ), располагают необходимой инфраструктурой для отмывки и химической очистки оборудования и трубопроводов от эксплуатационных загрязнений. Однако, в настоящее время, номенклатура изделий, требующих химической очистки от эксплуатационных загрязнений, увеличилась. Появились новые виды загрязнений, образующиеся при ремонте и утилизации надводных кораблей и судов, морских нефтегазовых платформ.

Существующие на предприятиях химические способы очистки заключаются в разборке оборудования и трубопроводов и погружении в ванны с техническими моющими средствами на основе кислот и щелочей. Однако, использование кислот и щелочей требует утилизации отработавших растворов. В связи с этим назрела необходимость разработки новых рецептур растворов и способов очистки с целью интенсификации процессов.

При утилизации и реабилитации кораблей и судов образуется большое количество жидких и твёрдых токсичных отходов. Согласно [1] опасность токсичных отходов в повседневных условиях производства на предприятиях утилизации по величине химического риска на несколько порядков превосходят радиационный риск.

Практически все жидкие отходы относятся к опасным, подлежат переработке и уничтожению. Проблемными для предприятий (не перерабатываются и не уничтожаются) являются: отдельные смазки, гидравлическая жидкость, хладоны, хромсодержащие водные растворы и пр.

Опасность твёрдых отходов состоит в том, что многие из них представляют неразделимую массу в виде «слоёного пирога»: смешанные материалы в виде пластин, кусков, крошки, обрывков, волокон, лент, нитей с остатками клеевой основы и лакокрасочных покрытий, шпатлёвок, смол, компаундов и пр., а также цельные пластины, маты, листы. Клеи, компаунды, шпатлёвки, лакокрасочные материалы в отходах имеют полимеризованную отверждённую форму. Отходы в виде изоляции на основе пластин (матов) представляют клеевые соединения матов с тканями, заделками стыков и швов мастиками, герметиками и окрашены сверху. Они

выполнены на основе стекло- и базальтового волокон, каолиновой ваты, асбеста, которые составляют 85-90 % от общей массы. Другие отходы содержат резину, соединения ртути (люминесцентные лампы) и пр.

Отходы производства и потребления, в соответствии с существующим законодательством [2], подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, способы и условия которых должны быть безопасными для здоровья населения и среды обитания.

Поэтому основой политики в данном направлении должна быть выработка технических решений и подбор оборудования для безопасной переработки токсичных отходов от ведущих российских и зарубежных производителей. В основе технических решений должны лежать современные технологии. Для соблюдения экологических норм и требований необходима апробация новых способов переработки токсичных отходов собственной разработки, а также использование уже известных современных способов переработки применительно к отходам, образующимся при ремонте и утилизации кораблей и судов с ЯЭУ, морских платформ и терминалов.

Исходя из возросшей потребностей Заказчиков Министерства промышленности и торговли Российской Федерации в организации проведения испытательных и опытно-экспериментальных работ по созданию современной производственной базы, продукция которой бы достойно конкурировала на мировом и внутреннем рынках, а также в обеспечение соблюдения норм экологической безопасности при ремонте и утилизации кораблей и судов с ЯЭУ и переработке токсичных отходов, ОАО «НИПТБ «Онега» в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» [3] приступило к реализации проекта «Строительство и техническое перевооружение химико-технологической лаборатории по апробации технологических решений химической очистки оборудования и отмывки трубопроводов при ремонте судов с ЯЭУ и переработке токсичных отходов, образующихся при их ремонте и утилизации» (далее – научно-исследовательская лаборатория).

Целью строительства научно-исследовательской лаборатории является внедрение инновационных продуктов и современных технологий в производство. Основным назначением проектируемой научно-исследовательской лаборатории является выполнение прикладных научных исследований в областях физической химии, химического сопротивления материалов, разработка технологии сбора, уничтожения или утилизации всех видов отходов жизнедеятельности кораблей и

судов, морских платформ и терминалов, внедрение инновационных продуктов и современных технологий в производство.

Для выполнения необходимых исследований планируется построить два здания: офисное и испытательно-исследовательское.

В офисном здании будут располагаться помещения научно-исследовательского сектора и участок для проведения испытаний и апробации технологических решений, размещённый в двух залах: гидродинамических и аэродинамических исследований.

В научно-исследовательском секторе предполагается выполнение работ по следующим направлениям:

- разработка программ и методик исследований;
- разработка рекомендаций по результатам исследований и испытаний;
- разработка схем обращения с токсичными отходами;
- разработка нормативов образования токсичных отходов, выделений вредных веществ в атмосферу при выполнении операций ремонта и утилизации судов с ЯЭУ;
- разработка теоретического обоснования и технических решений проблемы регенерации отработанных технологических растворов и утилизации сточных вод с использованием химической, фотохимической и фотокаталитической деструкции токсичных примесей, а также моделирование этих процессов;
- исследование закономерностей и разработка технических решений по глубокой очистке сточных вод, в том числе высокощелочных, от органических примесей, в особенности от нефтепродуктов;
- выполнение НИР в области очистки и повторного использования сточных вод в гальваническом производстве предприятий машиностроительного профиля;
- разработка технологического регламента предварительной химической отмывки оборудования и трубопроводов морских платформ и терминалов;
- разработка физико-химических основ и технологии утилизации избыточных активных илов и осадков сточных вод, загрязнённых тяжёлыми металлами;
- разработка технологии сбора, уничтожения или утилизации всех видов отходов жизнедеятельности морских судов, платформ и терминалов;
- научное и научно-методическое консультирование предприятий в части, касающейся профиля деятельности лаборатории.

На участке для проведения испытаний и апробации технологических решений будут выполняться следующие виды работ:

- разработка и изучение способов интенсификации отмывки трубопроводов различных систем;

- испытания и отработка инновационных технологических решений.

В состав испытательно-исследовательского здания входят физико-химическая, аналитическая лаборатории и участок хроматографического анализа, оснащённые современным оборудованием, позволяющим решать следующие задачи:

- определение водородного показателя (рН);
- определение вязкости;
- определение качественного и количественного состава отходов;
- комплексное определение физических и химических свойств отходов, образующихся на предприятиях судостроительной отрасли;
- анализ химического состава металлов и сплавов спектральным и количественным химическим методами;
- исследования микроструктуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов;
- определение твёрдости пластмасс, металлов и сплавов;
- определение характера, структуры загрязнений трубопроводов и оборудования.

Разрабатываемые технологии очистки и отмывки оборудования и трубопроводов, апробированные в создаваемой научно-исследовательской лаборатории ОАО «НИПТБ «Онега», предполагается использовать при ремонте и утилизации судов с ЯЭУ, морских платформ и терминалов на предприятиях ОАО «ОСК» в сроки, планируемые Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

В результате внедрения разрабатываемых технологий очистки и отмывки оборудования и трубопроводов ожидается интенсификация этих процессов и, как следствие, повышение производительности труда работающих и увеличение пропускной способности соответствующих производственных участков предприятий. Кроме того, образующиеся токсичные отходы будут переведены в экологически безопасную форму, удобную и безопасную для транспортировки и захоронения.

Строительство научно-исследовательской лаборатории ОАО «НИПТБ «Онега» запланировано на период с 2012 по 2014 годы. Для обеспечения работ по строительству разработана проектная документация [4], которая получила положительные заключения государственной экспертизы № 29-1-5-0005-12

от 27.03.2012 и экспертизы достоверности определения сметной стоимости № 29-1-3-0007-12 от 09.02.2012.

Библиография

1 Обращение с токсичными отходами при утилизации и реабилитации ядерных объектов в Северо-Западном регионе России // Высоцкий В.Л., Иванов С.А., Куликов К.Н., Никитин В.С. и др. Атомная энергия. – т. 105, вып. 6, декабрь 2008 – с. 345 – 352

2 Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» N 52-ФЗ от 30.03.1999 – 26 с.

3 Постановление Правительства РФ «О федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники» на 2009 – 2016 годы» N 103 от 21.02.2008 – 202 с.

4 02.11. Проектная документация. Строительство и техническое перевооружение химико-технологической лаборатории по апробации технологических решений химической очистки оборудования и отмывки трубопроводов при ремонте судов с ЯЭУ и переработке токсичных отходов, образующихся при их ремонте и утилизации.

Перспективы развития компоновки и оборудования жилой зоны корабля

В.А. Хаванов, О.Н. Андросенко, А.В. Смуров

Для успешного функционирования корабля должно достигаться единство его тактико-технических элементов и человека, возможности которого при определенных условиях могут снижать боевой потенциал техники. Так, недооценка «человеческого фактора» в системе «человек-машина» приводит к снижению ее боевой эффективности на 20-30 % [1], а традиционные технократические решения при создании антропотехнических систем не обеспечивают эффективность их функционирования, если не учтены требования по эргономике и обитаемости [2].

Необходим кардинальный поворот от традиционного экстенсивного, технократического конструирования на основе учета нормативных величин и накопления вариантов защитных мероприятий к интенсивному, человекоориентированному пути совершенствования обитаемости путем принятия оптимизирующих конструкторских решений.

При этом надо исходить из следующих условий:

- усложнение и расширение состава боевых задач для перспективных кораблей;
- относительная минимизация водоизмещения и стоимости создания корабля;
- увеличение энерговооруженности и усложнение боевого и технического состава.

Чем выше квалификация, культурный и правовой уровень специалиста, тем значительнее его запросы в отношении условий труда, отдыха, охраны здоровья, организации службы [2].

В США уже в 50-х годах прошлого столетия было признано считать обитаемость одним из важнейших тактико-технических элементов кораблей [3].

Произошел отказ от многоместных кубриков и разделение их на три функциональные зоны: спальное помещение, гардеробную и помещение для занятий. Этим достигались одновременно и достаточный уровень общения членов команды и необходимое уединение.

Вышеизложенное приводит к мысли о том, что с позиции системного подхода совершенствование условий жизнедеятельности экипажей современных кораблей невозможно без решения двух задач:

1 При функциональном распределении пространства корпуса корабля объемы, предназначенные для размещения личного состава, должны занимать

равный иерархический уровень наряду с таковыми для размещения боевого и технического состава.

2 Компоновку помещений жилой зоны целесообразно осуществлять в жилые блоки (по возможности модульной конструкции).

Именно поэтому организация жилой зоны в едином блоке (а на кораблях большого водоизмещения в двух и более блоках) позволит конструктивно решить многие общесистемные вопросы. Это приведет к возможности разработки подходов к автоматизированному исследовательскому проектированию, что не удастся сделать при организации размещения экипажа на основе остаточного принципа. При этом оптимизирующие решения необходимо провести в отношении номенклатуры и облика образцов корабельной мебели, элементов зашивок, дверей и других видов бытового оборудования.

Для решения этих задач необходимо проведение исследовательского моделирования в рамках научно-исследовательской работы для получения объективных критериев на основе сравнительного анализа конструкторских решений (по остаточному и блочно-модульному принципам компоновки), а также разработка медико-технических требований к составу, размещению и оборудованию жилых блоков.

Следует отметить, что главным направлением оптимизации обитаемости кораблей зарубежной постройки стало конструктивное решение об объединении помещений жилой зоны в единый жилой блок центрального расположения.

Это позволило:

- разделить рабочую и жилую зоны, рационально распределить площади и объемы последней (сократить дополнительные объемы, ликвидировать застойные зоны и необходимость проведения через помещения различного рода магистралей и т.д.);
- организовать систему коммуникаций, уменьшить массу и габариты конструктивной защиты, избежать смежного расположения с источниками вредных факторов;
- применить модульные решения по обстройке и оборудованию помещений;
- снизить энергозатраты при работе технических средств объекта обитаемости.

Следовательно, основу развития архитектоники современных кораблей ведущих западных держав в отношении их обитаемости составляют два основных направления:

- блочная компоновка помещений жилой зоны с расположением жилых блоков преимущественно в центральной части корпуса корабля;
- разделение объемов жилых помещений по функциональному назначению (спальная, гардеробная, общественная и санитарная зоны) [4].

Несомненным является существенное повышение комфортности помещений жилой зоны кораблей ведущих морских держав с целью привлечения на службу в плавсоставе специалистов и обеспечения им высокого социального статуса.

В 2001 году ЦНИИ ТС подана тематическая карточка на НИР «Разработка модульной системы обстройки обитаемых помещений изделий 21 и 22», шифр «Модуль».

В 2006 году «НИПТБ «Онега» подана тематическая карточка на НИР «Исследование и формирование современной научно-экспериментальной базы в части расширения номенклатуры, испытаний унифицированных конструкций оборудования корабельных помещений из перспективных материалов», шифр «Защита».

В заключении следует отметить, что состав и облик образцов мебели и другого бытового оборудования коренным образом зависит от успешного внедрения концепции модульного проектирования жилой зоны корабля.

Библиография

1 Довгуша В.В., Кудрин И.Д., Тихонов М.Н. Введение в военную экологию [Текст]. М.: МО РФ. -1995.

2 Тихонов М.Н., Кудрин И.Д., Довгуша В.В. Синтез оптимальных антропометрических систем [Текст] / Матер. конф., посвящ. 125-летию кафедры общей и военной гигиены. СПб.: Воен.-мед. акад. – 1996. С. 252-254.

3 Турмов Г., Павлюченко Ю. Обитаемость корабля [Текст] // Морской сборник. - 1984. № 8. С. 68-70.

4 Плахов Н.Н. Совершенствование обитаемости надводных кораблей в зарубежном и отечественном кораблестроении [Текст] (аналитический обзор). СПб.: 1 ЦНИИ МО РФ. Вып. 10.-1998.- 21 с.

Плавучая ёмкость для сбора ЖРО

О.М. Салыкин, К.Н. Куликов, С.И. Матвиенко, А.А. Данилин, С.В. Попов

Создание эффективной системы безопасного обращения с радиоактивными отходами (РАО) является принципиальным условием дальнейшего развития предприятий судостроительной промышленности с целью выполнения Гособоронзаказа. Проблема обращения с РАО носит комплексный характер и при её решении необходимо учитывать различные факторы: современные требования по безопасности при обращении с РАО, удельную активность, радионуклидный и химический состав, объём РАО, особенности действующей инфраструктуры по обращению с РАО.

Одной из задач создания эффективной системы обращения с РАО на судоремонтных предприятиях является разработка современных технических средств безопасного обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО), образующимися в процессе ремонта, модернизации и утилизации судов и кораблей с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ).

Актуальность решения данной задачи обусловлена тем, что в настоящее время для сбора и временного хранения ЖРО в процессе ремонта АПЛ используются морально устаревшие технические средства (суда-танкеры) с истёкшим сроком службы. Технические характеристики существующих технических средств (вместимость ЖРО) для современной производственной программы заводов-строителей избыточны. Текущие и перспективные производственные задачи предприятий судостроительной промышленности в области судоремонта в настоящее время направлены на ремонт АПЛ 3 и 4 поколений, поэтому имеется потребность в создании аналогичных судов меньшей вместимости, обеспечивающих их эффективную эксплуатацию и удовлетворяющих современным требованиям в области обеспечения радиационной безопасности и соответствующих требованиям Правил РМРС.

Для решения поставленной задачи ОАО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега» (ОАО «НИПТБ «Онега») разработан технический проект и комплект рабочей документации для постройки плавучей ёмкости для приёма и временного хранения жидких радиоактивных отходов (судно АТО проекта 23140, класс Регистра КЕ [2] Berth connected ship). Общий вид судна представлен на рисунке 1.

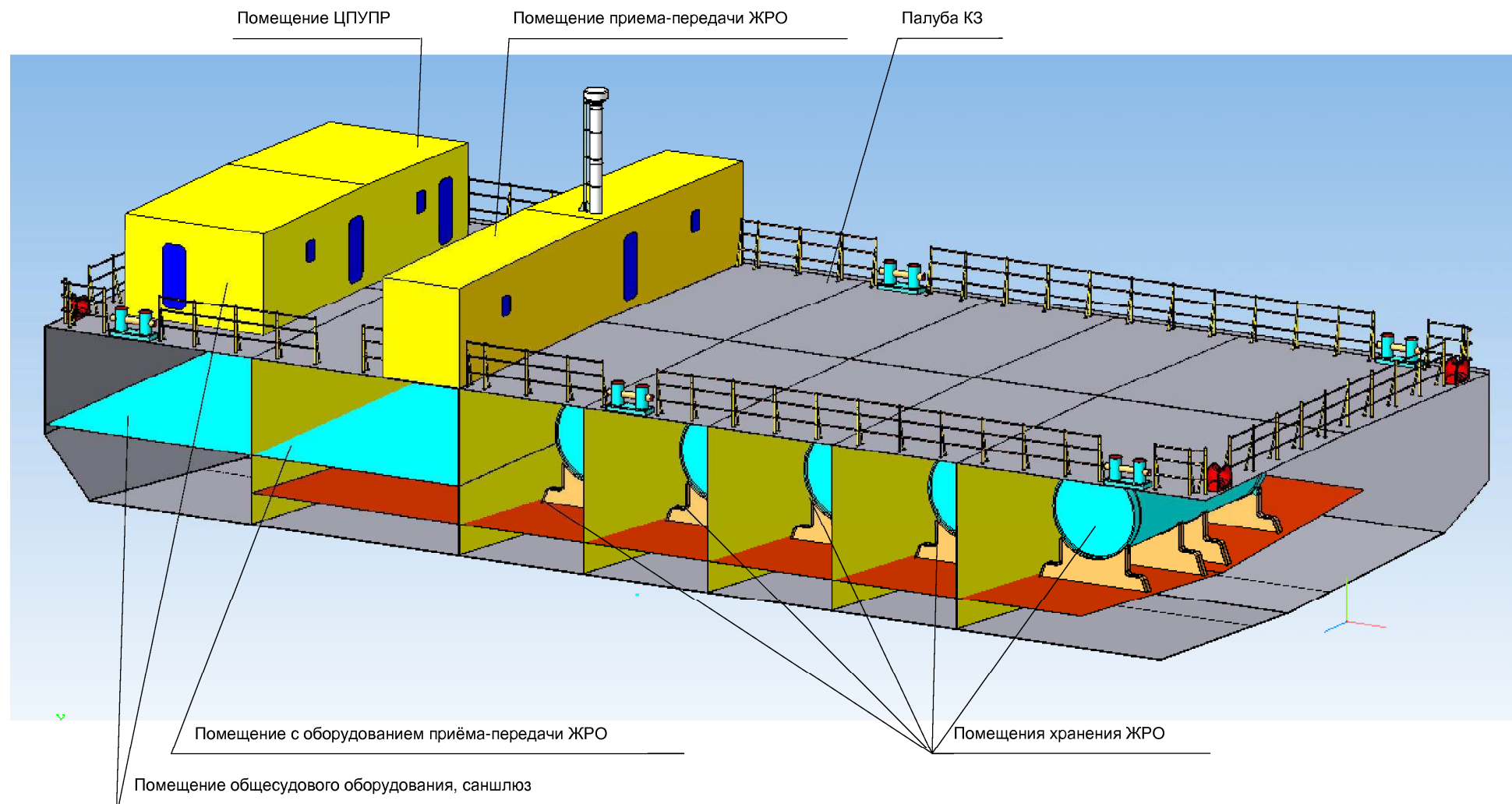


Рисунок 1

Судно является самоходной плавучей ёмкостью с ледовыми усилениями применительно к категории Arc7, географические районы круглогодичной эксплуатации – акватории судостроительных и судоремонтных предприятий г. Северодвинска Архангельской области, г. Снежногорска Мурманской области, г. Большого Камня Приморского края. Назначенный срок эксплуатации судна 30 лет.

Основное назначение судна – приём, временное хранение и передача низкоактивных жидких радиоактивных отходов для последующей переработки и кондиционирования. Для этого на судне установлено четыре грузовые цистерны вкладного типа. Общий полезный объём цистерн 100 м³ (с учётом биологической защиты).

Судно представляет собой однопалубное судно с цельносварным корпусом, с прямыми обводами корпуса, с избыточным надводным бортом, двойными бортами и двойным дном, отсеками для размещения грузовых цистерн, с надстройкой (рубкой) в корме. Основные размерения судна: длина 33,60 м, ширина 14,20 м, высота борта 5,15 м, осадка 1,21 м, шпация 0,60 м.

Конструктивные особенности судна:

- судно разделено по классу работ на зону наблюдения и контролируемую зону, на границе зон размещён саншлюз;
- на верхней палубе судна располагаются две надстройки, в одной размещён пост управления, в другой – пост приёма-передачи жидких радиоактивных отходов;
- для обеспечения безопасных условий труда персонала между помещением хранения жидких радиоактивных отходов и постом управления размещено помещение оборудования приёма-передачи жидких радиоактивных отходов.

Судно оборудовано системой приёма-выдачи жидких радиоактивных отходов. Система позволяет вести приём-выдачу жидких радиоактивных отходов с обоих бортов судна, также система обеспечивает непрерывный приём жидких радиоактивных отходов с автоматическим переключением принимающих цистерн при их заполнении.

Судно также оборудовано системами: барботажа, спецвентиляции, дренажа, осушения (контролируемая зона, общесудовая) и дезактивации, подачи воздуха среднего давления и системой электроснабжения, включающей аварийный дизель-генератор (основное электропитание осуществляется от внешнего источника электроэнергии), освещения и отопления.

Состав применённых на судне систем (в том числе аппаратуры радиационного контроля) позволяет полностью контролировать процесс приёма-передачи жидких радиоактивных отходов и обеспечивать безопасные условия труда обслуживающего

персонала. В ходе проектирования был выполнен расчёт биологической защиты. По результатам выполненных расчётов мощность эффективной дозы не превышает уровни установленные [1], [2], [3], [4] при полном заполнении всех грузовых цистерн низкоактивными ЖРО.

Отличительной особенностью судна является конструкция вкладных цистерн, которая обеспечивает их взаимозаменяемость с аналогичными цистернами для приёма и временного хранения среднеактивных жидких радиоактивных отходов и (или) дистиллята (дезактивирующих растворов), что в свою очередь обеспечивает возможность постройки соответствующих исполнений судна без изменения главных размерений судна и общесудовых систем.

При выполнении работ, для обоснования принятых технических и конструктивных решений была проведена независимая экспертиза остойчивости судна, выполненная ОАО «ЦКБ МТ «Рубин», которая подтвердила правильность принятых решений.

Технический проект судна получил одобрение Регистра на соответствие Правилам [5], [6].

Внедрение судна проекта 23140 на предприятиях судостроительной промышленности будет способствовать совершенствованию системы радиационной безопасности в части безопасного обращения с жидкими радиоактивными отходами при ремонте, модернизации и утилизации судов и кораблей с ЯЭУ, обеспечит безопасность персонала и населения и минимизирует техногенную нагрузку на окружающую среду.

Библиография

1 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [Текст] : 2.6.11 Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, СанПиН 2.6.1.2523-09: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 07.07.2009 : ввод. в действие с 01.09.2009. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с. – (Гос. сан. правила и нормативы). – ISBN 978-5-7508-0805-2.

2 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) [Текст] : 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, СП 2.6.1.2612-10: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 26.04.2010 : ввод в действие с 17.09.2010. – Минздрав России, 2010. – 98 с. – (Гос. сан.-эпид. нормирование РФ. Гос. сан. правила и нормативы). – ISBN 5-93114-020-4.

3 Обеспечение радиационной безопасности при проектировании,

строительстве, эксплуатации и утилизации судов атомно-технологического обслуживания (СП-САТО-2001) [Текст] : 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, СП 2.6.1.11-02: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 16.04.2002. – Минздрав России, 2001. – 81 с. – (Гос. сан.-эпид. нормирование РФ. Гос. сан. правила).

4 Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002) [Текст] : 2.6.6. Радиоактивные отходы, СП 2.6.6.1168-02: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 16.10.2002 : ввод. в действие с 01.01.2003. – Минздрав России, 2003. – 32 с. – (Гос. сан.-эпид. нормирование РФ. Гос. сан. правила и нормативы). – ISBN 5-93630-252-0.

5 Правила классификации и постройки морских судов [Текст] : в 5 т. / НД №2-020101-061 : ввод. в действие с 01.01.2011. –СПб : Российский морской регистр судоходства, 2011. – ISBN 978-5-89331-111-2 (в пер.).

6 Правила классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений [Текст] : 2-020101-055 : утв. 29.12.08 : ввод. в действие с 01.01.2009. – СПб : Российский морской регистр судоходства, 2008. – 133 с. – ISBN 978-5-89331-066-5.

Погружной герметичный электродвигатель

С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, В.А.Иванова

Опыт эксплуатации скважинных насосов различных производителей свидетельствует о том, что около 80 % всех выходов их из строя связаны с поломкой электродвигателей. Это характерно не только для отечественных, но и для насосных агрегатов зарубежного производства подобного типа. Поэтому увеличение надёжности связано, прежде всего, с надёжностью электродвигателя [1].

На сегодняшний день большинство насосов типа ЭЦВ производства Инвестиционно-промышленной группы «Гидравлические машины и системы» (ИПГ «ГМС») оснащено проточными электродвигателями. Особенностью конструкции таких электродвигателей является то, что их внутренняя полость контактирует с перекачиваемой водой.

Ресурс работы насосного оборудования напрямую зависит от условий эксплуатации. Ситуация, которая сложилась в настоящее время в области артезианского водоснабжения, характеризуется большой степенью износа скважин. Работы по бурению новых скважин и ремонту существующих практически не ведутся в силу больших финансовых затрат. Механические примеси, содержащиеся в добываемой воде, попадая в электродвигатель, способствуют ускоренному износу подшипников скольжения. Другим негативным фактором, отрицательно влияющим на работоспособность электродвигателей, является присутствие в перекачиваемой воде солей металлов, сероводорода, бактерий и т.п. Попадание такой воды во внутреннюю полость электродвигателя вызывает ускоренную коррозию электротехнического железа статора и ротора, что приводит к ухудшению электромагнитных свойств, и, в конечном итоге, к снижению мощности электродвигателя, особенно при режимах работы с частыми пусками и остановками насоса.

Поскольку тенденция, связанная с состоянием парка скважин, наметилась давно, то для снижения отрицательных факторов рабочей среды специалистами ОАО «Ливгидромаш» и ОАО «Ливнынасос» (входят в ИПГ «ГМС») были разработаны герметичные электродвигатели серии ДАП для скважинных насосов ЭЦВ [2].

Конструктивная схема электродвигателя ДАП представлена на рисунке 1.

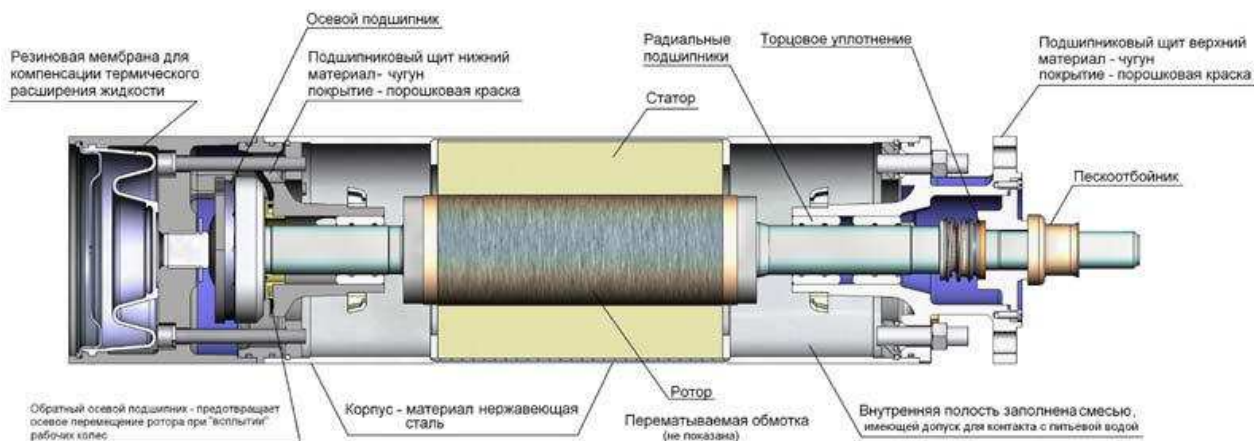


Рисунок 1 – Конструктивная схема герметичного электродвигателя ДАП

Основные конструктивные особенности электродвигателя серии ДАП заключаются в следующем. Внутренняя полость электродвигателя ДАП изолирована от перекачиваемой воды при помощи торцового уплотнения и заполняется специальной жидкостью, допущенной для контакта с питьевой водой. Жидкость обладает диэлектрическими свойствами, а также служит для компенсации противодавления, охлаждения и смазки подшипников. Термическое расширение жидкости компенсируется с помощью резиновой мембраны. Корпус электродвигателя выполнен из нержавеющей стали, днище и подшипниковые щиты изготавливаются из чугуна и окрашиваются порошковой краской, также имеющей допуск для контакта с питьевой водой. В качестве материалов для радиальных и осевого подшипников применены современные полимерные материалы на основе графита, такие подшипники имеют больший ресурс по сравнению с резинометаллическими. Пескоотбойник с уплотняющей кромкой обеспечивает защиту от песка. Энергетические характеристики электродвигателей не уступают лучшим мировым образцам и сохраняются в течение всего срока эксплуатации, при этом электродвигатели адаптированы к качеству энергопитания российских электросетей.

Таким образом, герметичное исполнение электродвигателя препятствует попаданию воды из скважины во внутреннюю полость электродвигателя и увеличивает его надёжность.

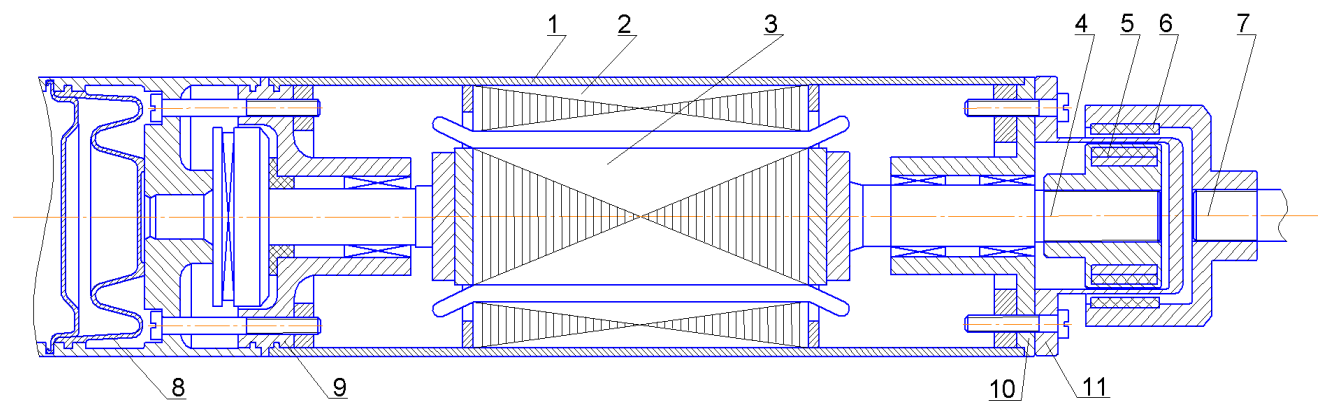
К аналогичному выводу пришло и большинство зарубежных компаний, например, Franklin Electric (США), которая является серийным производителем погружных электродвигателей для скважинных насосов [3].

Следует отметить, что применяемые погружные герметичные электродвигатели, подобные по конструкции серии ДАП, имеют серьёзный

недостаток – повышенная чувствительность торцовых уплотнений и металлографитовых подшипников к динамическим механическим нагрузкам и гидравлическим ударам.

Этот недостаток является основной причиной разгерметизации электродвигателя с последующим попаданием перекачиваемой воды в его внутреннюю полость, при этом машина за короткое время выходит из строя из-за снижения электрического сопротивления изоляции обмоток, электрохимической коррозии активных частей и механических повреждений подшипников.

В качестве следующего этапа развития электродвигателей для насосов ЭЦВ и удовлетворения всё возрастающих требований потребителей по надёжности и эффективности насосного оборудования специалистами ОАО «НИПТБ «Онега» предложена конструкция погружного герметичного электродвигателя с магнитной муфтой, изображённая на рисунке 2.



- 1 – корпус; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – вал электродвигателя;
5 – ведущая полумуфта; 6 – ведомая полумуфта; 7 – вал рабочего механизма;
8 – резиновая мембрана; 9 – нижний подшипниковый щит;
10 – верхний подшипниковый щит; 11 – защитный экран.

Рисунок 2 – Конструкция погружного герметичного электродвигателя

Предлагаемая конструкция позволяет исключить из состава герметичного электродвигателя торцовое уплотнение и обеспечить передачу крутящего момента от вала электродвигателя валу рабочего механизма без механического контакта, за счёт взаимодействия магнитных полей, сохраняя при этом герметичность конструкции. Примечательно также, что из состава электродвигателя исключается пескоотбойник и значительно упрощается конструкция верхнего подшипникового щита.

При работе погружного герметичного двигателя постоянные магниты, установленные в ведущей 5 и ведомой 6 полумуфтах, создают магнитные поля,

благодаря взаимодействию которых осуществляется передача крутящего момента от вала 4 двигателя валу 7 рабочего механизма без механического контакта. Защитный экран 11, находящийся между полумуфтами, изолирует от окружающей среды внутреннюю полость двигателя, заполненную специальной жидкостью, термическое расширение которой компенсируется при помощи резиновой мембраны 8.

Конструкция погружного герметичного электродвигателя защищена патентом РФ на полезную модель [4].

Следует отметить, что передача крутящего момента с ведущего вала на ведомый без механического контакта с помощью магнитных муфт широко применяется в технике, а именно в циркуляционных и напорных системах для перекачивания экологически опасных и агрессивных жидкостей в производствах химической, нефте- и газоперерабатывающей, пищевой промышленности, в холодильной технике, энергетике, установках очистки сточных вод. Однако конструктивное исполнение электродвигателей в таких агрегатах – проточное, то есть их внутренняя полость контактирует с перекачиваемой средой.

Предлагаемая конструкция погружного герметичного электродвигателя обеспечивает его гарантированную работу в требуемых условиях эксплуатации в течение всего срока службы за счёт совокупности отличительных признаков:

- отсутствие торцового уплотнения, что исключает возможность разгерметизации двигателя в случае воздействия повышенных механических нагрузок и гидравлических ударов;
- конструктивное сопряжение с магнитной муфтой, что исключает возможность разрушения вала и подшипниковых узлов при ударном торможении;
- наличие защитного экрана, что обеспечивает изоляцию от окружающей среды внутренней полости двигателя, заполненной специальной жидкостью.

Применяемая в конструкции электродвигателя магнитная муфта долговечна (не имеет изнашивающихся деталей, срок службы определяется сроком службы магнитов, не менее 15 лет), не требует технического обслуживания и не потребляет энергии, что снижает стоимость покупки, монтажа и эксплуатации электродвигателя по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами.

Библиография

1 **Твердохлеб, И. Б.** Герметичные электродвигатели для скважинных насосов ЭЦВ [Текст] / И. Б. Твердохлеб, А. В. Костюк, Н. И. Сажин, В. В. Жуплов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 5. – ISSN 0321-4044.

2 **Твердохлеб, И. Б.** Модернизация погружных насосных агрегатов серии ЭЦВ [Текст] / И. Б. Твердохлеб, А. В. Костюк // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 5. – С. 50–52. – ISSN 0321-4044.

3 Franklin Electric. Keeping the Water Away from the Electricity... Encapsulated vs Oil-Filled vs Wet-Wound // Franklin Application/Installation Data (AID)... For the Professional Diller-Installer. – 2006. – Vol. 23. – № 4. – 2 p.

4 Пат. **106459 Российская Федерация, МПК⁷ H02K 5/12.** Погружной герметичный электродвигатель [Текст] / Куликов К. Н., Гузанов Н. П., Иванова В. А., Попов С. В. ; заявитель и патентообладатель ОАО «НИПТБ «Онега». – № 2011100498/07 ; заявл. 11.01.2011 ; опубл. 10.07.2011, Бюл. № 19. – 2 с. : ил.

Подшипник для погружных электродвигателей открытого исполнения

С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, В.А. Иванова

Актуальность освоения нефтегазовых месторождений океанического шельфа, увеличение объёмов морских перевозок обуславливают необходимость дальнейшего технического совершенствования судов и морских нефтегазовых сооружений. Всё большее применение на судах находят различные погружные механизмы (рулевые механизмы, гребные установки, насосы и т.д.). Перспективным представляется использование в качестве приводов таких механизмов погружных электродвигателей открытого исполнения (ПЭД), работающих непосредственно в рабочей среде [1].

При проектировании ПЭД большое внимание уделяется вопросам совершенствования подшипниковых узлов [2]. К подшипникам этих машин предъявляются повышенные требования по антифрикционным и антикоррозионным характеристикам, а также стойкости к биологической коррозии. В связи с тем, что рабочей средой ПЭД является морская вода, которая не обладает антифрикционными свойствами, подшипники относятся к классу подшипников сухого трения. Конструкции подшипников разрабатываются так, чтобы устранить или минимизировать влияние отрицательных характеристик материала (хрупкость, низкую теплопроводность и др.), а так же максимально использовать его положительные свойства (малый коэффициент трения и высокую износостойкость).

Материалы для подшипников трения выбираются в зависимости от свойств рабочей среды, её температуры и давления, от скорости скольжения по валу и реакции в опоре (нагрузки), от величины теплоотвода из зоны трения, заданных показателей срока службы и ресурса при эксплуатации. Физико-механические свойства материала подшипника должны обеспечивать наиболее высокую износостойкость, минимальный коэффициент трения, отсутствие склонности к задирам, хорошую прирабатываемость. Материал подшипника должен обладать достаточной механической прочностью и стойкостью к воздействию агрессивных факторов окружающей среды, быть недефицитным, а технология его механической обработки – простой и доступной.

Для подшипниковых узлов морских ПЭД могут быть рекомендованы к применению следующие материалы: графит, углепластик, полиамиды, фторопласт, металлокерамика и древесина. Сравнительные характеристики указанных антифрикционных материалов некоторых марок приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики антифрикционных материалов

Характеристики	Бронза Бр010Ф1	Бакаут	Графит СГ-Т	Ф4К20	Капролон Б	Тордон XL	Текстолит	УГЭТ	ФУТ
Плотность, кг/м ³	8 760	1 200	2 500	2 110	1 150	1 200	1 300	1 450	1 450
Прочность при растяжении, МПа	250	70*	300*	12,5	65	35	90	200	150
Объёмное изменение размеров при работе в воде, %	0	4	0	0	5	1,3	10	0	0
Диапазон рабочих температур, °С	От -60 до +150	От 0 до +120	От -60 до +1600	От -60 до +250	От 0 до +45	От -60 до +107	От -30 до +110	От -60 до +120	От -60 до +140
Допустимая скорость скольжения, м/с	30	15	50	15	15	15	7	0,5	15
Допустимое контактное давление, МПа	60	1,5	60	2	5	7,5	5	60	5
Трение в воде по стали:									
- коэффициент трения	Не работает	0,05	0,05- -0,10	0,005- -0,100	0,03- -0,10	0,03- -0,10	0,03- -0,10	0,1	0,03
- интенсивность изнашивания, мм/1 000 ч	Не работает	5·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	5·10 ⁻³ - -5·10 ⁻⁵	3·10 ⁻³	5·10 ⁻³	5·10 ⁻⁵
* Прочность при сжатии.									

Подшипникам из углеграфитовых материалов свойствен малый износ с достаточно малым коэффициентом трения, высокая теплостойкость и теплопроводность, повышенная коррозионная стойкость, однако, присущая углеграфитовым материалам хрупкость ограничивает возможность их применения для подшипников ПЭД.

Подшипники из полиамидов широко применяются в подшипниковых узлах, работающих без смазывания, чему способствуют их высокие физико-механические свойства и износостойкость, химическая стойкость, низкая стоимость и технологичность. Однако нагревание полиамидных подшипников в условиях сухого трения свыше температуры 80 °С приводит к образованию трещин и старению.

Фторопластовые подшипники широко распространены в машиностроении из-за низкого коэффициента трения при достаточной износостойкости, химической

стойкости, способности работать в большом диапазоне температур, а также без смазки. При этом силы трения и механизм изнашивания материала в большой степени зависят от нагрузки, скорости скольжения, температуры, смазки, а также твёрдости, шероховатости, природы материала вала, работающего с ним в контакте.

Методы, применяемые в порошковой металлургии, позволяют получать из металлических порошков пористые подшипниковые детали, являющиеся металлокерамической основой самосмазывающихся подшипников. Для пористых металлокерамических подшипников применяют пористое железо, железографиты, железографиты с медью, железографиты сульфидированные, бронзографиты. Подшипники из этих материалов эффективнее, чем подшипники из дефицитных цветных сплавов при граничной смазке и без смазки. Требованиям, предъявляемым к подшипникам погружных машин, в большей степени удовлетворяет металлокерамический материал на основе оловянисто-никелиевой бронзы с легирующими добавками. Вкладыши из керамики работают в паре с коррозионностойкой высокопрочной легированной сталью. Отработана технология изготовления таких подшипников методом горячей штамповки под большим удельным давлением. Технологический процесс изготовления вкладышей сложен: требует высокотехнологичного литейного и кузнечно-прессового производства.

Стремление снизить стоимость подшипников за счёт использования доступных и относительно недорогих материалов привело к созданию самосмазывающихся подшипников из прессованной древесины ГОСТ 9629 [4]. В судостроении для подшипников гребных валов применяется естественная древесина бакаутowego дерева, плотность которой достигает 1400 кг/м^3 . Этот материал содержит до 30 % естественной смолы, которая при работе подшипника выполняет функции смазки, выступая на поверхность трения при повышении температуры. Бакаутвые подшипники при работе по металлу без смазки имеют коэффициент трения 0,13 и допускают давление до 14,0 МПа при невысоких скоростях скольжения. Такие подшипники хорошо работают в морской воде (коэффициент трения от 0,02 до 0,03), изготавливаются наборными из отдельных сегментов в «бочку» или в «ласточкин хвост», в промежутки между сегментами подводится вода, обеспечивающая охлаждение. Конструктивные размеры дейдвудных подшипников из бакаута и технология их сборки представлены в [5].

Вопросы конструирования подшипника для погружных электродвигателей решались ОАО «НИПТБ «Онега» при создании опытного образца ПЭД мощностью 1,1 кВт, частотой вращения 25 с^{-1} (1500 об/мин), способного работать в морской воде на глубине погружения до 700 м (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид опытного образца ПЭД в сборе

На фото видны корпус, подшипниковые щиты, части обмотки статора и выступающий конец вала.

В качестве материала для подшипника скольжения был использован бакаут, который безотказно работает в морской воде и обладает хорошими антифрикционными свойствами. Проектирование подшипника было осуществлено с использованием методики расчёта, изложенной в [5].

Конструкция разработанного подшипника обладает высокой технологичностью, не требует сложного литейного, кузнечно-прессового оборудования, изготовление подшипника возможно в условиях судостроительного (машиностроительного) предприятия.

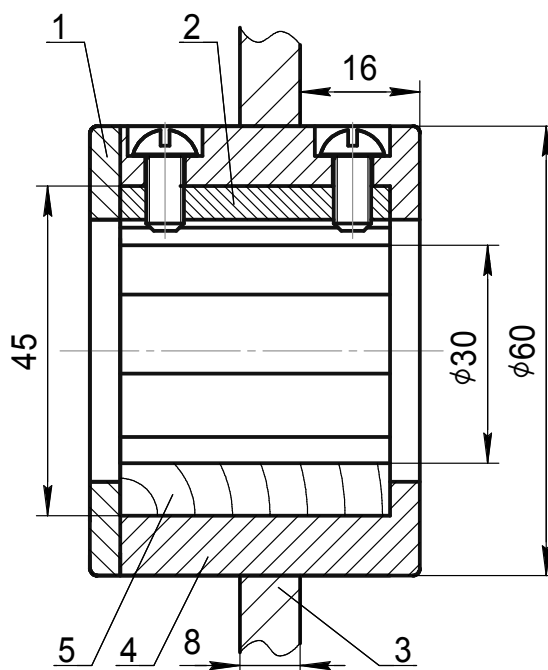
Подшипник (см. рисунки 2, 3) представляет собой цилиндрическую втулку, на внутренней поверхности которой из отдельных пластин бакаута набирается поверхность скольжения. Каждая пластина охватывает часть дуги внутренней окружности втулки с углом в 40° . Пластины крепятся «в бочку». От проворачивания бакаутные пластины во втулке удерживает металлическая планка, которая фиксируется к внутренней поверхности втулки при помощи винтов. Крышка подшипника крепится к торцу втулки также при помощи винтов.

Конструкция подшипника защищена патентом РФ на полезную модель [6].



Рисунок 2 – Внешний вид подшипника

На фото видны крышка, винты крепления крышки к втулке, вкладыши из бакаута, упорная планка.



1 – крышка подшипника; 2 – упорная планка; 3 – подшипниковый щит;
4 – втулка подшипника; 5 – бакаутовый вкладыш.

Рисунок 3 – Конструкция подшипника

В процессе испытаний опытного образца ПЭД в морской воде при номинальной частоте вращения в течение 3 часов температура втулки подшипника оставалась равной температуре воды.

Выводы

1 Опыт проектирования, изготовления и испытаний опытного образца ПЭД с подшипниковым узлом, изготовленным с применением дерева (бакаут) показал, что

данный тип подшипникового узла может быть применён при скоростях вращения до 25 с^{-1} .

2 Использование в качестве материала для подшипника дерева (бакаута) доказало технологические и эксплуатационные преимущества по сравнению с другими типами подшипниковых материалов.

3 При использовании ПЭД в качестве привода движительной установки необходимо предусмотреть конструктивные узлы по компенсации (уменьшению) осевого усилия.

Библиография

1 **Попов С.В.** Перспективы внедрения погружных электрических машин открытого типа в судостроении [Текст] / С. В. Попов, А. А. Данилин, С. И. Матвиенко // 100 лет Российскому подводному флоту : докл. на науч.-практич. конф./ ФГУП «ПО «Севмаш». – Северодвинск, 2–4 марта 2006. – С. 460–463.

2 **Попов С.В.** Проблемы проектирования погружных электродвигателей открытого типа [Текст] / С. В. Попов, Н. П. Гузанов, С. И. Матвиенко // Судостроение. – 2009. – № 1. – С. 35–36.

3 Машиностроение. Энциклопедия [Текст] / Ред. совет : К. В. Фролов [и др.] – М. : Машиностроение ; С.-Пб. : Политехника, 2004. – ISBN 5-7325-217-01949-2.

Расчёт и конструирование машин. Раздел IV. Корабли и суда. Т. IV-20 [Текст] : справочное издание. В 2 кн. Кн. 2. Проектирование и строительство кораблей, судов и средств океанотехники / В. Т. Томашевский, В. М. Пашин, В. Л. Александров [и др.] ; под ред. В. Т. Томашевского, В. М. Пашина. – С.-Пб. : Политехника, 2004. – 882 с. : ил. – 3000 экз. – ISBN 5-7325-0616-0 (Т. IV-20) ; ISBN 5-7325-0618-7 (Кн. 2).

4 **ГОСТ 9629–81.** Заготовки из модифицированной древесины. Технические условия [Текст]. – Введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 16 с.

5 **Архангельский Б.А.** Судовые подшипники из неметаллических материалов [Текст] / Б. А. Архангельский, А. В. Кулапин. – Л. : Судостроение, 1969. – 264 с.

6 **Пат. 81276 Российская Федерация, МПК51 F16C 17/14 (2006.01).** Подшипник скольжения для погружного электродвигателя открытого исполнения [Текст] / Попов С. В., Матвиенко С. И., Гузанов Н. П. (Россия) ; заявитель и патентообладатель ОАО «НИПТБ «Онега», г. Северодвинск. – № ⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾ 2008127798/22⁽¹³⁾ U1; заявл. 08.07.2008 ; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 1 с. : ил.

Реализация инженерного подхода к постановке задачи оптимизации радиационной защиты в практике проектно-технологического бюро

А.Ю. Благовещенский

В соответствии с рекомендациями МКРЗ «процесс оптимизации защиты ... должен в первую очередь применяться на стадии разработки любого проекта» [1]. По определению МКРЗ «оптимизация – это ориентированный на источник процесс удержания возможного облучения (которое не обязательно возникнет), числа облучаемых людей и величины их индивидуальных доз на настолько низком уровне, насколько это разумно достижимо с учётом социально-экономических факторов» [2]. Вместе с тем, «Оптимизация защиты – это итерационный процесс, обращённый в будущее...» [2], т.е. оптимизация защиты не останавливается по завершении проектных работ, а продолжается в течение всего жизненного цикла радиационно-опасного объекта.

Процесс оптимизации требует достаточно точных данных об источнике: «Модели и данные, используемые для целей оптимизации должны быть настолько реалистичными, насколько возможно» [3].

Первый и важнейший этап оптимизации защиты – это постановка задачи, которая включает в себя определение цели исследования и границ области исследования.

Специфическая особенность проектирования объекта, в котором предполагается осуществлять преобразования источника излучения, состоит в том, что состояние источника, определяющее радиационную обстановку, может существенно изменяться. На начальной стадии проектирования таких объектов, выявление критических с точки зрения радиационной защиты состояний источника порой невозможно без выполнения сравнительных расчётных оценок для предварительно отобранных прогнозируемых состояний источника. Последнее обстоятельство может пугать проектировщика резким увеличением объёма проектных работ, и вынуждает переносить все работы по оптимизации защиты на стадию реализации проекта. Следование такому сценарию увеличивает шансы появления серьёзных ошибок при проектировании, которые обнаруживаются только в условиях эксплуатации объекта.

Выход из данной ситуации автор видит в том, чтобы ещё на ранней стадии проектирования объекта на этапе постановки задачи приложить максимум усилий для получения обобщённого решения задачи точного описания возможных состояний источника, с учётом его преобразований.

Ниже вниманию читателей в качестве примера такого подхода предлагается описание общего хода и результатов решения задачи определения характеристик поля источника γ -излучения, моделирующего ситуацию, которая может возникнуть при планируемом обращении с отработавшей выемной экранной сборкой ЯППУ атомного ледокола (сборкой 03).

Отработавшая сборка 03 (рисунок 1), содержащая высокоактивные стержни-поглотители компенсирующих групп (КГ), первоначально находится в производственном здании внутри защитного контейнера водного хранения (КВХ). Предполагается вскрывать КВХ, с помощью защитного перегрузочного контейнера (скафандра) и подъёмного крана перегружать сборку 03 в контейнер защитный (СК), являющийся составной частью комплекта упаковочного для хранения и транспортирования (ТУК) сборок 03 (рисунок 2). СК при этом находится в том же помещении, что и КВХ.



Рисунок 1 – Сборка 03 (разрез)

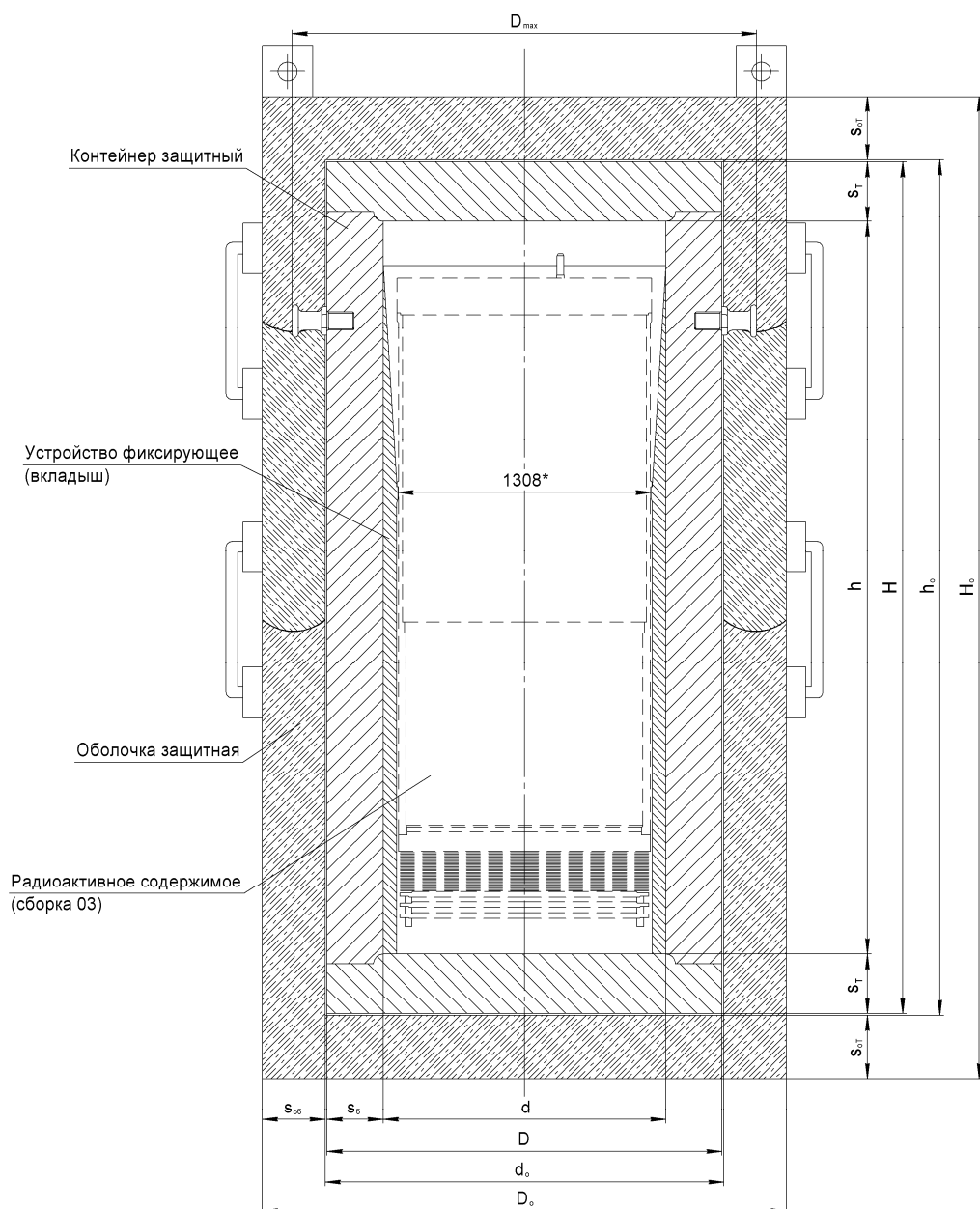


Рисунок 2 – Схема комплекта упаковочного транспортного [4]

В качестве критического принято состояние источника, возникающее по завершении перегрузки сборки 03 из KBX в СК. В этом состоянии:

- сборка 03 загружена в СК, скафандр удалён от СК;
- горловина СК открыта.

Данная ситуация характеризуется наибольшими значениями МЭД γ -излучения вокруг СК. Модель поля γ -излучения именно для данной ситуации представляет наибольший интерес, поскольку она может быть использована при разработке рабочей технологии выполнения работ, защитных мероприятий, выполнения процедуры оптимизации защиты, радиационно-гигиенического зонирования помещений здания проведения работ с прилегающей территорией.

Моделирование дозового поля источника γ -излучения в рассмотренной ситуации выполнено в три этапа:

I этап – постановка задачи. На данном этапе были сформулированы (заданы) все существенные характеристики расчётной модели ситуации.

II этап – частные решения задачи. На данном этапе была сформирована воображаемая пространственная сетка, охватывающая интересующую окрестность источника. Для узлов сетки рассчитаны числовые значения МЭД γ -излучения источника.

III этап – общие решения задачи. На данном этапе к частным решениям, полученным на II этапе, были применены процедуры регрессионного анализа. В результате на узлах пространственной сетки были получены функциональные (регрессионные) зависимости МЭД γ -излучения от расстояния и высоты до точки детектирования, что позволяет оперативно и с высокой достоверностью получать числовые значения МЭД в произвольных точках заданной на этапе II окрестности источника.

Описание расчётной модели состояния источника

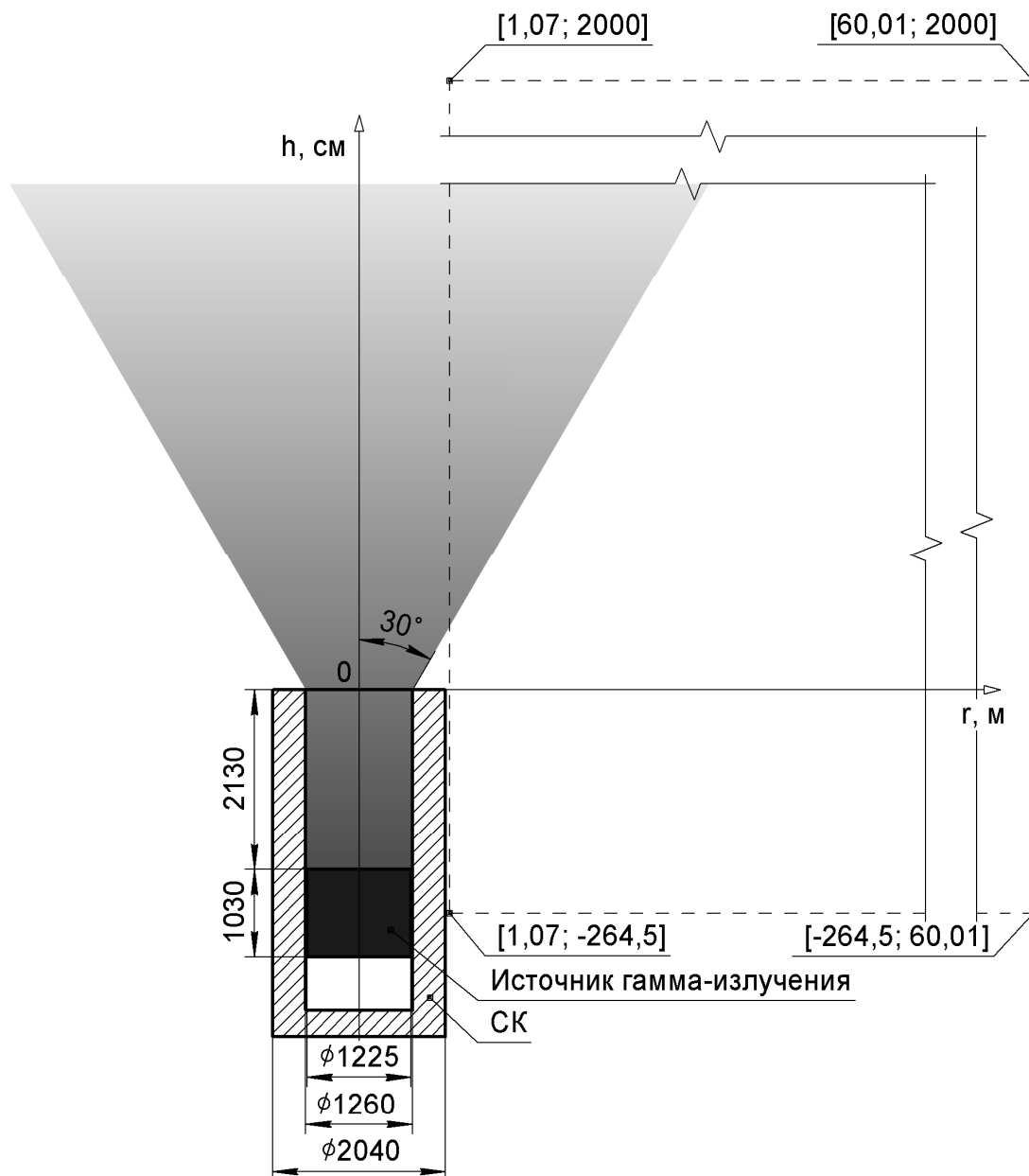
Более 99,9 % активности отработавшей экранной сборки сосредоточено внутри материала поглотителя нейтронов 390 ПЭЛов КГ, расположенных между неподвижными нижней и средней плитами. Средняя и верхняя неподвижные плиты, а также подвижные плиты пяти КГ, являются сильно перфорированными. По этим причинам в качестве источника γ -излучения, моделирующего экранную сборку, принят сплошной (объёмно-ослабляющий) цилиндр диаметром 1225 мм, высотой 1030 мм, гомогенный по активности и материальному составу. Источник погружён в цилиндрическую «шахту», моделирующую СК. Горловина «шахты» открыта.

Радионуклидный состав модельного источника принят соответствующим типичному для экранной сборки радионуклидному составу, оценённому на основании результатов ранее выполненных радиационных измерений.

Материал модельного источника – равномерно распределённое в объёме источника атомарное железо плотностью $0,469 \text{ г/см}^3$.

В расчётной модели учтён перенос γ -излучения в области «прямой видимости» источника. Расчётная модель не учитывает отражённое окружающими предметами γ -излучение (альбедо). В качестве компенсации данного допущения в расчётной модели осуществлён учёт переноса рассеянного в приземном слое атмосферы γ -излучения в «теневого» области (skyshine).

Геометрия расчётной модели ситуации представлена на рисунке 3.



Условные обозначения

- - граница окрестности источника (область расчёта)
- - область "прямой видимости" источника

Рисунок 3 – Расчётная модель

Частные решения задачи

Частные решения задачи получены в численном виде.

Методика расчёта базируется на интегрировании функции влияния точечного источника. Суть метода заключается в том, что дифференциальный элемент любого протяжённого источника удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точечному источнику, и для него справедливо соотношение:

$$\Phi = B(\mu r) \cdot \frac{S_0}{4\pi r^2} \cdot e^{-\mu r} \quad (1)$$

где S_0 – мощность точечного элемента источника, с^{-1} ;

μ – полный линейный коэффициент ослабления излучения, см^{-1} ;

r – расстояние между точечным элементом источника и детектором, см;

$B(\mu r)$ – фактор накопления;

Φ – определяемая скалярная величина (например, поток излучения или мощность дозы).

Соотношение (1) используется в качестве ядра подынтегрального выражения по всей области протяжённого источника.

Полученные значения МЭД γ -излучения в узлах заданной пространственной сетки в окрестности источника (в границах области расчёта) представлены в таблице 1.

Примечание: Окрестность источника (область расчёта) включает в себя область «прямой видимости» источника и «теневую» область.

Графически модель поля γ -излучения, соответствующая полученному массиву данных (таблица 1) может быть представлена в виде поверхности $\text{МЭД} = f(r_i, h_i)$ (рисунок 4) или в виде изолиний (рисунок 5).

Обобщение частных решений

Функциональные (регрессионные) зависимости $\text{МЭД} = f(r, h)$, являющиеся обобщёнными решениями задачи, найдены путём МНК-приближения аппроксимирующих функций заданного вида к узловым значениям МЭД из таблицы 1.

Для области «прямой видимости» источника из окрестности источника (рисунок 3) обобщённые решения задачи $\dot{H} = f(r, h)$ получены в виде:

$$\begin{cases} \dot{H} = f_1(r, A, B, C) = A \cdot r^2 + B \cdot r + C, \\ \dot{H} = f_2(h, a, b, c, d, e) = a \cdot h^b + c \cdot h^d + e \end{cases}, \quad (2)$$

где $\dot{H}$ – МЭД γ -излучения, мЗв/ч (h – в см, r – в м);

r – расстояние от оси источника до точки детектирования по горизонтали, м (рисунки 3, 4, 5);

h – высота (расстояние между нулевой плоскостью и плоскостью точки детектирования), м (рисунки 3, 4, 5);

Таблица 1 – Расчётные значения МЭД γ -излучения в узлах пространственной сетки (в границах области расчёта)

Г _г , М	МЭД, мЗв/ч																			
	h _г = -264,5 см	h _г = 0,0 см	h _г = 50,0 см	h _г = 74,0 см	h _г = 150,0 см	h _г = 200,0 см	h _г = 250,0 см	h _г = 300,0 см	h _г = 350,0 см	h _г = 400,0 см	h _г = 500,0 см	h _г = 600,0 см	h _г = 700,0 см	h _г = 800,0 см	h _г = 900,0 см	h _г = 1000,0 см	h _г = 1100,0 см	h _г = 1200,0 см	h _г = 2000,0 см	
1,07	10,005	92,474	119,022	133,009	55003,147	43421,661	35047,357	28828,990	24080,581	20427,958	15171,746	11697,300	9274,097	7533,311	6233,512	5236,613	4460,654	3842,380	1531,429	
2,12	6,803	24,380	30,579	33,795	44,261	51,352	58,682	22535,925	19373,770	16897,490	13040,551	10359,400	8397,972	6901,516	5783,627	4893,770	4196,314	3639,596	1487,549	
3,17	5,386	12,455	14,860	16,161	20,669	23,868	27,218	30,558	33,988	37,392	10789,002	8853,040	7347,391	6169,599	5235,918	4491,111	3889,743	3413,102	1436,158	
4,22	4,537	8,384	9,586	10,237	12,500	14,219	16,054	17,916	19,885	21,908	25,935	29,971	6284,544	5399,862	4663,962	4083,083	3565,459	3144,945	1380,034	
5,28	3,955	6,409	7,128	7,498	8,836	9,827	10,888	12,064	13,302	14,567	17,178	19,895	22,577	4633,031	4093,996	3623,565	3217,284	2863,570	1313,286	
6,33	3,525	5,247	5,718	5,967	6,826	7,468	8,174	8,911	9,705	10,551	12,378	14,232	16,174	18,099	20,015	3183,180	2872,169	2593,240	1254,736	
7,38	3,188	4,476	4,809	4,982	5,591	6,031	6,508	7,031	7,589	8,165	9,426	10,806	12,205	13,648	15,118	16,553	17,969	2314,527	1184,881	
8,43	2,918	3,919	4,174	4,302	4,746	5,075	5,424	5,794	6,197	6,629	7,539	8,537	9,621	10,726	11,839	12,980	14,120	15,224	1113,550	
9,49	2,692	3,497	3,696	3,797	4,138	4,387	4,655	4,940	5,237	5,557	6,259	7,006	7,817	8,692	9,584	10,465	11,383	12,300	1044,746	
10,54	2,502	3,166	3,326	3,407	3,680	3,874	4,083	4,308	4,545	4,790	5,327	5,923	6,548	7,221	7,941	8,674	9,399	10,147	975,512	
11,59	2,339	2,896	3,027	3,093	3,318	3,475	3,642	3,821	4,012	4,212	4,635	5,106	5,616	6,146	6,712	7,315	7,931	8,540	907,847	
12,64	2,196	2,672	2,781	2,836	3,023	3,154	3,292	3,437	3,592	3,756	4,104	4,480	4,894	5,335	5,790	6,273	6,785	7,307	11,385	
13,70	2,069	2,482	2,575	2,621	2,778	2,889	3,006	3,127	3,254	3,390	3,681	3,991	4,328	4,694	5,078	5,472	5,888	6,328	9,862	
14,75	1,957	2,317	2,397	2,437	2,571	2,666	2,766	2,869	2,976	3,089	3,334	3,598	3,877	4,180	4,505	4,841	5,185	5,549	8,619	
15,80	1,856	2,174	2,244	2,279	2,395	2,477	2,562	2,652	2,744	2,840	3,047	3,273	3,511	3,764	4,037	4,327	4,623	4,927	7,596	
16,85	1,765	2,047	2,109	2,140	2,241	2,312	2,387	2,464	2,545	2,628	2,805	2,999	3,206	3,421	3,652	3,899	4,157	4,421	6,746	
17,91	1,681	1,935	1,990	2,017	2,107	2,169	2,234	2,303	2,373	2,447	2,599	2,766	2,946	3,135	3,333	3,543	3,767	3,999	6,040	
18,96	1,605	1,832	1,882	1,906	1,986	2,041	2,099	2,158	2,222	2,287	2,421	2,565	2,722	2,889	3,061	3,242	3,435	3,638	5,440	
20,01	1,535	1,741	1,785	1,808	1,879	1,928	1,980	2,033	2,088	2,146	2,267	2,393	2,530	2,676	2,830	2,988	3,156	3,332	4,926	
21,06	1,471	1,658	1,698	1,717	1,782	1,826	1,872	1,920	1,970	2,021	2,128	2,241	2,361	2,491	2,627	2,769	2,915	3,069	4,481	
40,01	0,796	0,850	0,861	0,867	0,884	0,896	0,908	0,920	0,933	0,945	0,970	0,997	1,023	1,052	1,081	1,112	1,143	1,175	1,461	
45,01	0,697	0,740	0,749	0,753	0,767	0,776	0,785	0,794	0,804	0,813	0,833	0,853	0,874	0,895	0,918	0,940	0,963	0,987	1,199	
50,01	0,615	0,650	0,657	0,660	0,671	0,678	0,685	0,693	0,700	0,708	0,724	0,739	0,756	0,772	0,789	0,807	0,824	0,843	1,004	
55,01	0,546	0,574	0,580	0,582	0,591	0,597	0,603	0,609	0,615	0,621	0,634	0,646	0,659	0,672	0,686	0,700	0,714	0,728	0,854	
60,01	0,487	0,510	0,515	0,517	0,524	0,529	0,534	0,539	0,544	0,549	0,559	0,569	0,580	0,591	0,602	0,613	0,624	0,636	0,736	

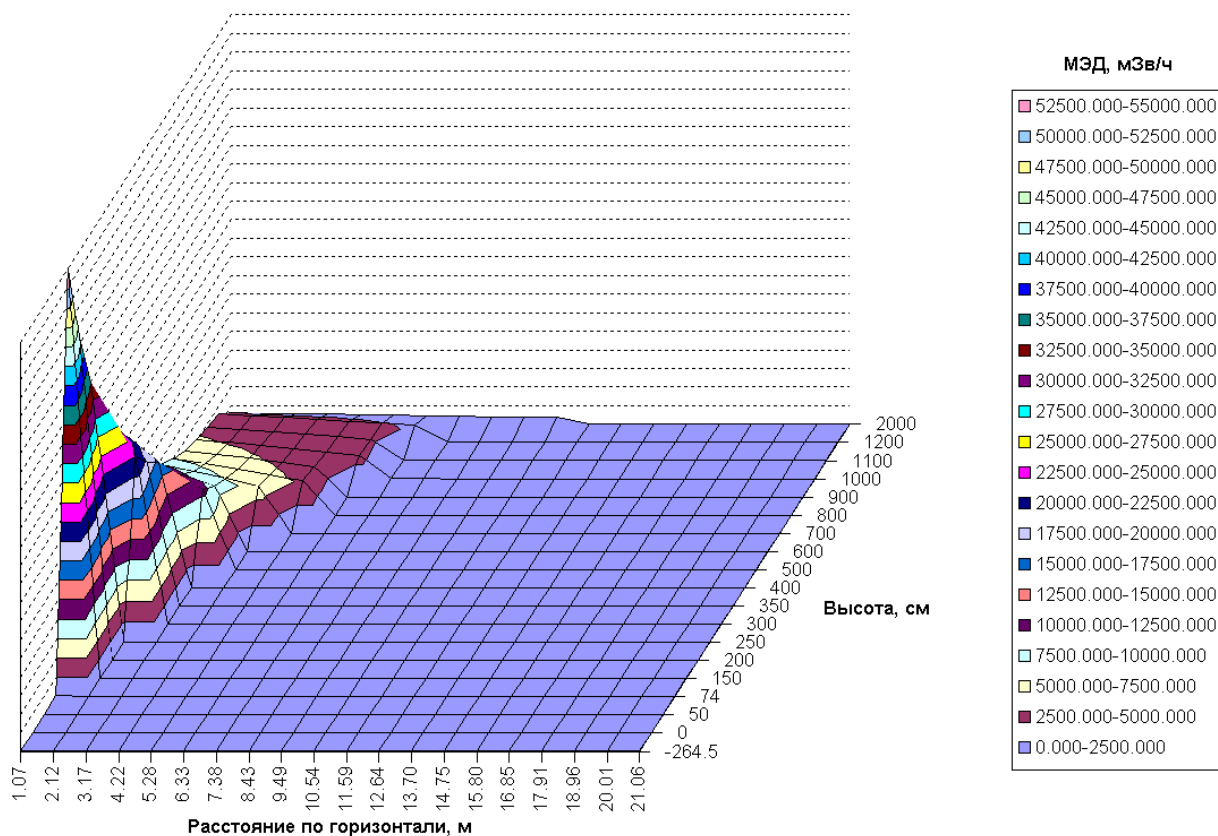


Рисунок 4 – Представление модели поля γ -излучения источника в рассматриваемом состоянии в виде поверхности значений МЭД

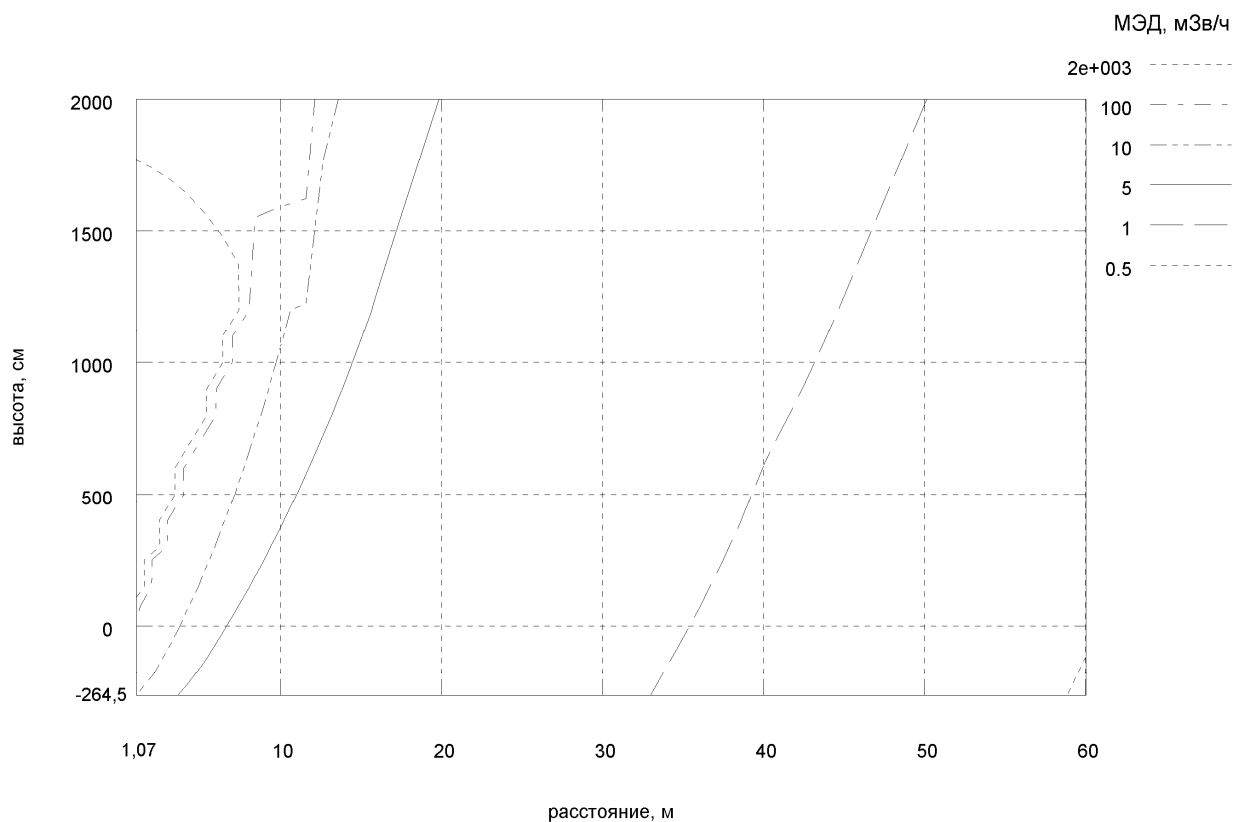


Рисунок 5 – Представление модели поля γ -излучения в виде плоских проекций изолиний значений МЭД

A, B, C – коэффициенты, зависящие только от h ;

a, b, c, d, e – коэффициенты, зависящие только от r .

Обобщённые решения с оценкой достоверности для области «прямой видимости» источника из окрестности источника в виде массива коэффициентов A, B, C, a, b, c, d, e представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Коэффициенты решающего полинома f_1 (выражение (2)) для области «прямой видимости» источника из окрестности источника

h_i , см	A	B	C	R^2
150,0	0,0000	0,000	55003,1	1,0000
200,0	0,0000	0,000	43421,7	1,0000
250,0	0,0000	0,000	35047,4	1,0000
300,0	0,0000	-5978,400	35196,0	1,0000
350,0	0,0000	-4471,500	28843,0	1,0000
400,0	0,0000	-3353,900	24000,0	1,0000
500,0	-54,3100	-1851,800	17206,0	1,0000
600,0	-76,0170	-1029,100	12879,0	1,0000
700,0	-42,1290	-729,050	10106,0	0,9997
800,0	-19,8480	-567,860	8171,2	0,9998
900,0	-17,0450	-404,800	6694,6	0,9996
1000,0	-11,5250	-307,980	5585,1	0,9998
1100,0	-9,1908	-236,150	4728,5	0,9999
1200,0	-6,7178	-188,420	4061,2	0,9995
2000,0	-1,1631	-45,748	1588,0	0,9995

Таблица 3 – Коэффициенты решающей композиции f_2 (выражение (2)) степенных функций для области «прямой видимости» источника из окрестности источника

r_i , м	a	B	c	d	e	R^2
1,07	5.61E+09	-1.688	-6.95E+09	-1.740	-1307.302	0.999909
2,12	4.83E+09	-1.780	-8.94E+09	-1.910	-607.898	0.999949
3,17	5.48E+09	-1.870	-2.17E+10	-2.133	-261.467	0.999997
4,22	2.45E+09	-1.789	-1.92E+10	-2.163	-293.726	0.999980
5,28	1.35E+09	-1.751	-5.32E+10	-2.387	-214.075	0.999999
6,33	1.28E+09	-1.743	-5.55E+10	-2.374	-196.732	1.000000
7,38	1.22E+09	-1.736	-5.78E+10	-2.365	-185.517	1.000000

Для «теневой» области источника из окрестности источника (рисунок 3) обобщённые решения задачи $\dot{H} = f(r, h)$ получены в виде:

$$\begin{cases} \dot{H} = f_3(h, A_s, B_s, C_s, D_s) = A_s \cdot h^3 + B_s \cdot h^2 + C_s \cdot h + D_s, \\ \dot{H} = f_4(r, a_s, b_s, c_s, d_s, e_s) = a_s \cdot r^{b_s} + c_s \cdot r^{d_s} + e_s \end{cases}, \quad (3)$$

где A_s, B_s, C_s, D_s – коэффициенты, зависящие только от r ;

a_s, b_s, c_s, d_s, e_s – коэффициенты, зависящие только от h .

Обобщённые решения с оценкой достоверности для «теневой» области источника из окрестности источника в виде массива коэффициентов $A_s, B_s, C_s, D_s, a_s, b_s, c_s, d_s, e_s$ представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Коэффициенты решающей композиции f_4 (выражение (3)) степенных функций для «теневой» области источника из окрестности источника

h_i , см	a_s	b_s	c_s	d_s	e_s	R^2
-264,5	214.119	-0.586	-202.868	-0.5908	-0.902	0.9999948
0,0	94.545	-2.283	12.215	-0.4772	-1.258	0.9999967
50,0	127.731	-2.190	10.471	-0.3079	-2.515	0.9999951
74,0	144.608	-2.169	10.544	-0.2391	-3.514	0.9999957
150,0	201.895	-2.222	10.566	-0.3688	-1.859	0.9999902
200,0	230.617	-2.118	12.772	-0.1201	-7.361	0.9999879
250,0	261.306	-2.073	4231.986	-0.0002	-4227.737	0.9999836
300,0	322.139	-2.168	9.644	-0.2402	-3.138	0.9999913
350,0	344.887	-2.091	926.922	-0.0010	-922.761	0.9999875
400,0	372.568	-2.061	3549.828	-0.0002	-3545.995	0.9999766
500,0	467.436	-2.080	1653.314	-0.0005	-1649.536	0.9999858
600,0	514.078	-2.025	3010.766	-0.0002	-3007.607	0.9999700
700,0	615.276	-2.043	1678.823	-0.0004	-1675.679	0.9999797
800,0	719.665	-2.055	1021.927	-0.0006	-1018.850	0.9999884
900,0	742.187	-2.001	1374.172	-0.0004	-1371.706	0.9999812
1000,0	840.179	-2.009	1366.646	-0.0004	-1364.241	0.9999887
1100,0	838.136	-1.952	93.541	-0.0036	-91.820	0.9999812
1200,0	931.717	-1.960	59.802	-0.0056	-58.111	0.9999864
2000,0	627.120	-1.853	615.647	-1.8530	0.116	0.9999894

Таблица 5 – Коэффициенты решающего полинома f_3 (выражение(3)) для «теневой» источника из окрестности источника

r_i , м	A_s	B_s	C_s	D_s	R^2
1,07	1E-08	7E-04	0,49600	92,4740	1,0000
2,12	-2E-07	1E-04	0,11700	24,4220	1,0000
3,17	-6E-08	6E-05	0,04730	12,3840	1,0000
4,22	-2E-08	3E-05	0,02420	8,2850	1,0000
5,28	-9E-09	2E-05	0,01440	6,3232	0,9999
6,33	-5E-09	1E-05	0,00950	5,1602	0,9999
7,38	-3E-09	8E-06	0,00670	4,3946	0,9999
8.43	-2E-09	6E-06	0,00500	3,8587	0,9999
9.49	-9E-10	4E-06	0,00390	3,4584	0,9999
10.54	-5E-10	3E-06	0,00310	3,1411	0,9999
11.59	-2E-10	2E-06	0,00260	2,8814	1,0000
12.64	-4E-10	2E-06	0,00210	2,6472	0,9999
13.70	-3E-10	1E-06	0,00180	2,4636	0,9999
14.75	-2E-10	1E-06	0,00150	2,3039	0,9999
15.80	-1E-10	9E-07	0,00140	2,1642	0,9999
16.85	-9E-11	8E-07	0,00120	2,0399	1,0000
17.91	-6E-11	6E-07	0,00110	1,9293	1,0000
18.96	-4E-11	5E-07	0,00100	1,8287	1,0000
20.01	-2E-11	4E-07	0,00090	1,7384	1,0000
21.06	-2E-11	4E-07	0,00080	1,6556	1,0000
40.01	6E-13	4E-08	0,00020	0,8505	1,0000
45.01	7E-13	3E-08	0,00020	0,7403	1,0000
50.01	4E-13	2E-08	0,00010	0,6499	1,0000
55.01	2E-13	1E-08	0,00010	0,5741	1,0000
60.01	2E-13	1E-08	0,00009	0,5104	1,0000

Вывод

Данный инженерный подход к моделированию состояний источника ионизирующих излучений, нацеленный на получение простых обобщающих моделей, в ряде случаев позволяет снизить трудоёмкость получения исходных данных, требующихся для постановки задачи и проведения оптимизации радиационной защиты на начальной стадии проектирования.

Библиография

1 Рекомендации международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 ч. 1 [Текст] – М.: Энергоатомиздат, 1994.

2 Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер. с англ. /Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы [Текст] – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.

3 ICRP Publication 55: Optimization and Descision-Making in Radiological Protection. Annals of the ICRP Volume 20/1, 1989.

4 Комплект упаковочный для хранения и транспортирования твёрдых РАО. Исходные требования к проектированию [Текст]: ЯНМИ.0519.00.001. – Северодвинск: ОАО «НИПТБ «Онега», 2009.

Регулирование гидравлических параметров трубопроводной системы после выполнения ремонта и в процессе эксплуатации

С.И. Матвиенко, С.В. Попов, А.И. Лычаков

Судовая система, как правило, представляет собой сеть трубопроводов в комплексе с обслуживающими её механизмами, аппаратами и приборами, предназначенным для выполнения определенных функций на судне. В процессе эксплуатации судовых систем происходит износ оборудования и самих трубопроводов, кроме того уменьшается проходное сечение трубопроводов, вследствие технологических отложений и биообрастания. Поэтому возникает необходимость в периодическом выполнении ремонтно-восстановительных работ, как непосредственно на судне, так и путем постановки судна на ремонтное предприятие.

Выполнение ремонта, зачастую связано с выполнением модернизационных работ, которые изменяют гидравлическую характеристику трубопроводной системы. Допустим, до ремонта спецификационный режим системы определялся рабочей точкой (см. рисунок 1 – точка пересечения напорной характеристики насоса и характеристики А), после выполнения ремонта характеристика сети будет иметь вид (кривая В, рисунок 2).

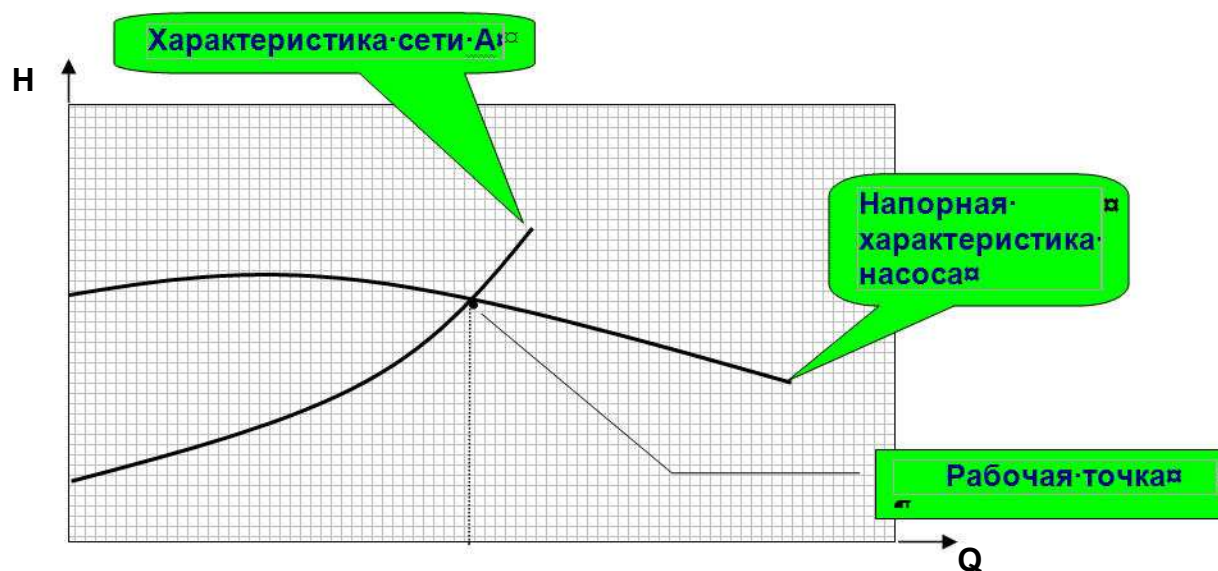


Рисунок 1

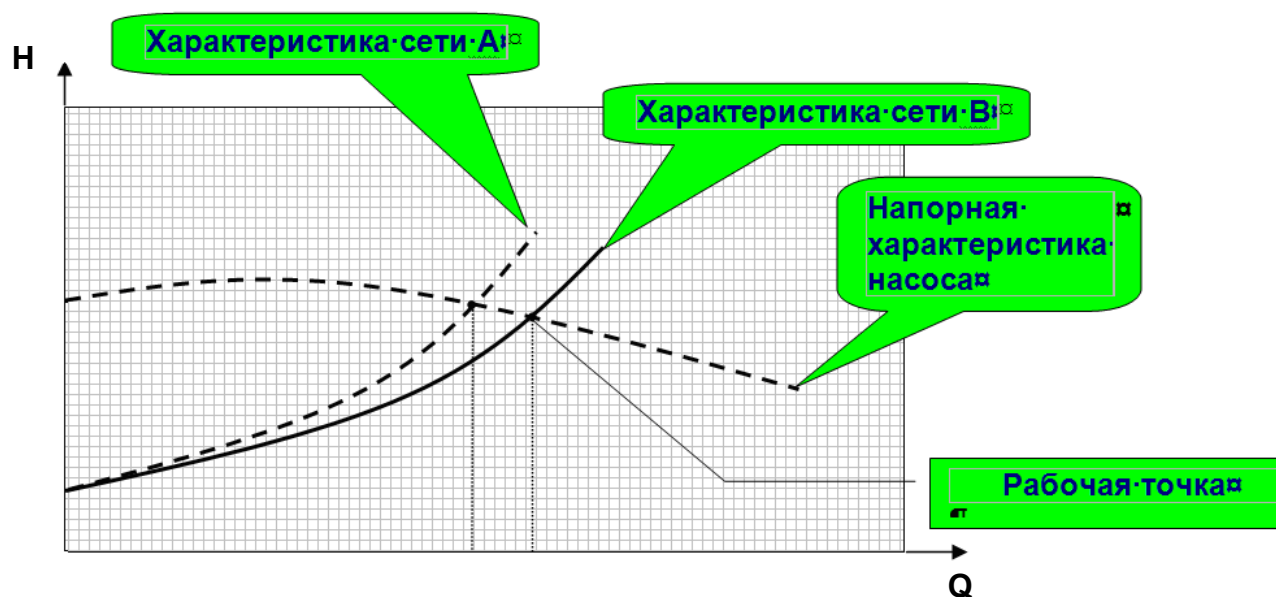


Рисунок 2

Для того, чтобы получить требуемый режим работы, необходимо каким-то образом сместить новую рабочую точку влево, что осуществляется в процессе сдаточных испытаний системы и может быть достигнуто известными методами [1]:

- подачи объемных прямодействующих поршневых машин изменяют путем открытия или закрытия клапана, влияющего на число двойных ходов поршня в минуту;
- подачи приводных поршневых машин её варьируют изменением частоты вращения коленчатого вала;
- подачи центробежных машин регулируют изменением частоты вращения рабочего колеса (если это позволяет конструктивное исполнение машины), либо искусственным изменением величины сопротивления нагнетательного трубопровода.

В судовых системах наиболее распространены центробежные насосы, поэтому в данной статье рассматривается способ практического изменения величины сопротивления нагнетательного трубопровода именно такой системы.

Для влияния на напорную характеристику трубопроводной сети широко используются дроссельные шайбы [2]. Как правило, в период сдаточных испытаний системы изготавливается несколько дроссельных шайб различных типоразмеров. В процессе наладки системы подбирают оптимальную шайбу в максимальной степени приближающую искомый режим к спецификационному. При этом выполняется целый ряд сопутствующих технологических операций по временному выводу системы из действия, её осушению (полному или частичному), разборке, демонтажу

– монтажу дроссельной шайбы, заполнению и опрессовки системы. И так несколько раз, пока не будет достигнуто приемлемое решение.

Нами предлагается для этой цели использовать интегральное гидравлическое устройство (ИГУ). Конструктивное исполнение ИГУ представлено на рисунке 3.

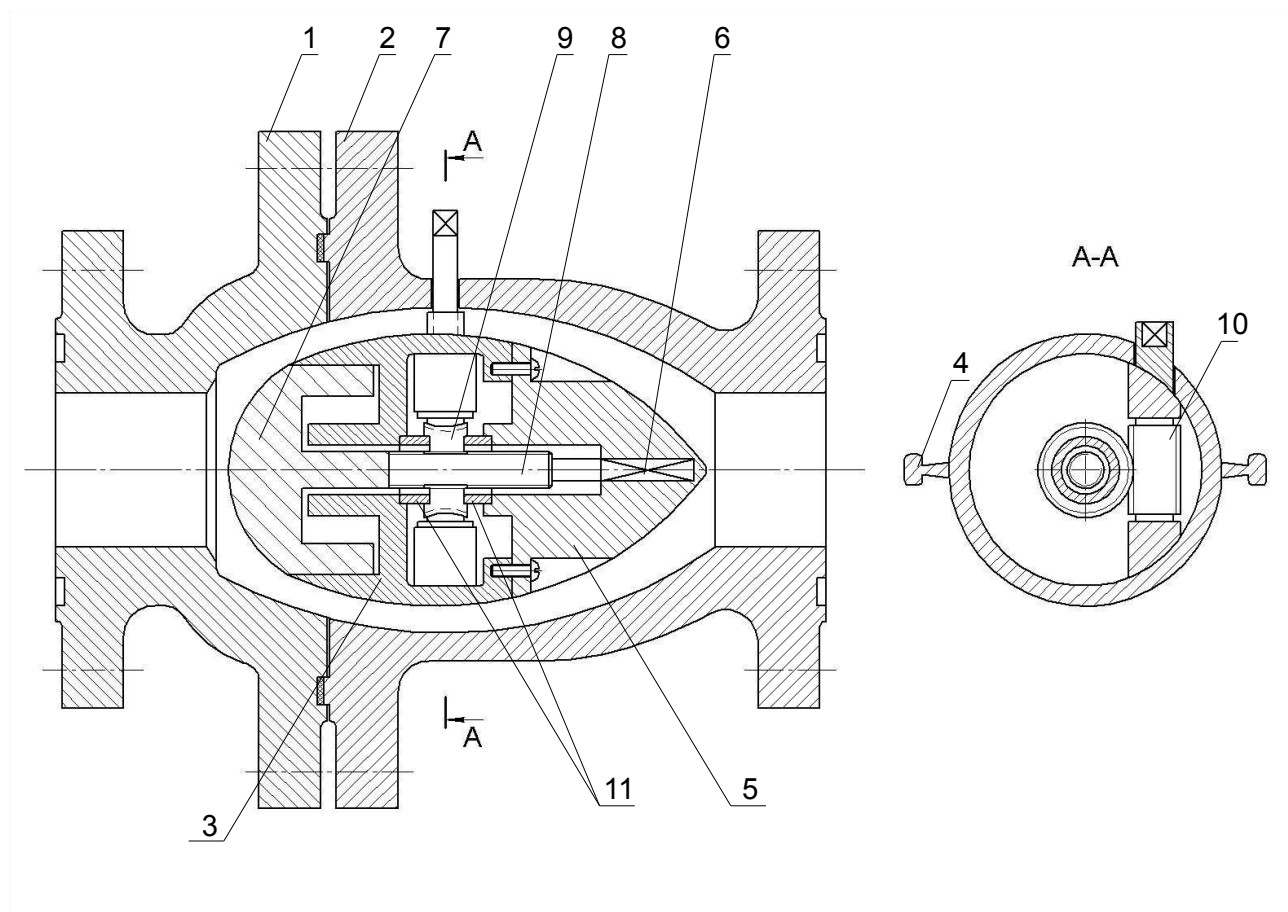


Рисунок 3 - Интегральное гидравлическое устройство.

ИГУ представляет собой тело вращения и состоит из двух полукорпусов 1 и 2, в соответствующих пазах полукорпуса 2 закреплена неподвижная часть 3 обтекателя с помощью направляющих 4. На неподвижной части 3 обтекателя закреплена крышка 5 с отверстием квадратного сечения, в которое вставлен хвостовик 6 такого же сечения выдвижной части 7 обтекателя, снабженного резьбовым валом 8, образующим с внутренней резьбой червячного колеса 9 пару «гайка винт». Червячное колесо 9 отцентрировано по оси червяка 10, закрепленного в полукорпусе 2, с помощью установочных втулок 11.

Для исследования возможностей использования в гидравлических трубопроводных системах, а также его работоспособности предлагаемого устройства был изготовлен опытный образец, имеющий строительную длину, соответствующую строительному габариту проходного запорного клапана того же

типоразмера. Внешний вид изготовленного опытного образца представлен на рисунке 4.

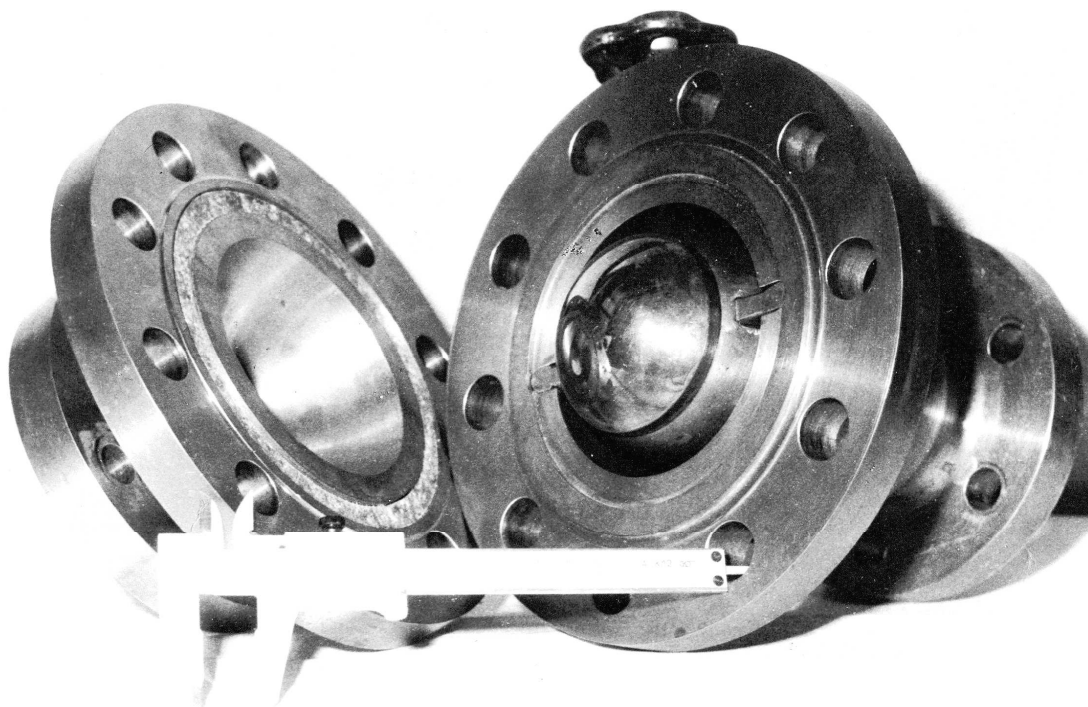


Рисунок 4 – Внешний вид интегрального гидравлического устройства.

Были проведены гидравлические испытания, которые показали, что опытный образец позволяет осуществлять плавное изменение величины гидравлического сопротивления трубопроводной системы в широком диапазоне, вплоть до полного перекрытия движения потока (что особенно важно в аварийных ситуациях). Кроме того, сравнительные виброакустические испытания ИГУ и стандартного проходного запорного клапана показали, что ИГУ, как более аэродинамически совершенная конструкция, генерирует меньшие уровни виброакустического шума.

Вывод.

Предлагаемое гидравлическое устройство может быть рекомендовано в качестве штатного элемента трубопроводных гидравлических систем не только на этапах сдаточных испытаний, но при эксплуатации системы для её подстройки в результате изменения гидравлических характеристик (например, при частичном обрастании внутренних полостей систем).

Библиография

1 Гуревич, И. М., Зеличенко, А. Я., Кулик, Ю. Г. Технология судостроения и судоремонта. Учебник для вузов водн. трансп. [Текст]. М.: Транспорт, 1976. – 416 с.

2 РД 5.76.038-84. Методика гидравлических расчётов судовых разветвленных трубопроводов. [Текст].- Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984.

3 **Аристов, Ю.К.** Судовые вспомогательные механизмы и системы. Учебное пособие для речных училищ и техникумов. [Текст]. М.: Транспорт, 1985. – 288 с.

Совершенствование систем охлаждения асинхронных электродвигателей

В.А. Иванова, С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов

Асинхронные электродвигатели нашли широкое применение в качестве приводов в различных отраслях народного хозяйства, что объясняется их существенными преимуществами перед другими классами электрических машин: небольшие габариты и масса; высокая удельная мощность и коэффициент полезного действия; значительная частота вращения; возможность работы непосредственно от сети переменного тока; простота конструкции, удобство обслуживания и ремонта; высокая надёжность и сравнительно низкая стоимость. Принципиальное конструктивное исполнение асинхронного электродвигателя представлено на рисунке 1 [1].

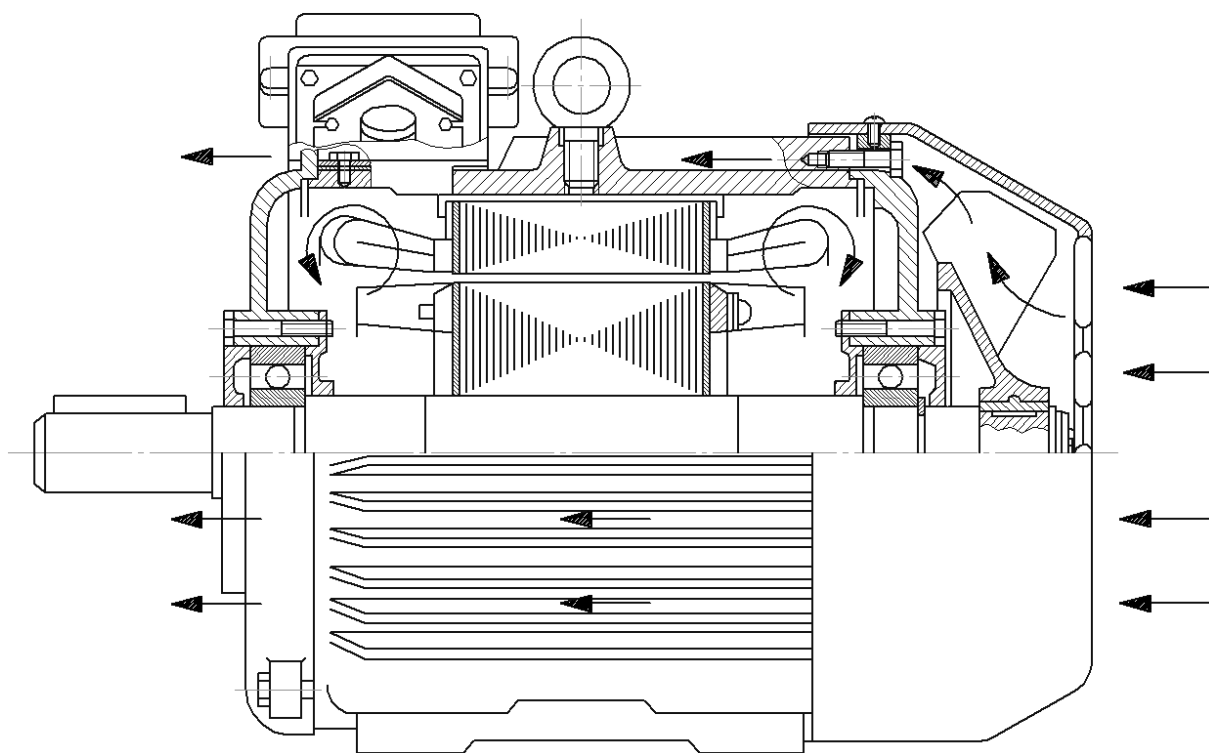


Рисунок 1 – Принципиальное конструктивное исполнение электродвигателя

При работе электродвигатель нагревается и выделяет в окружающую среду теплоту. Процесс теплообмена с окружающей средой организован за счёт принудительной циркуляции воздуха через наружное продольное ребрение корпуса и осуществляется внешним центробежным вентилятором, расположенным на валу электродвигателя со стороны, противоположной приводу, и закрытым защитным кожухом [2].

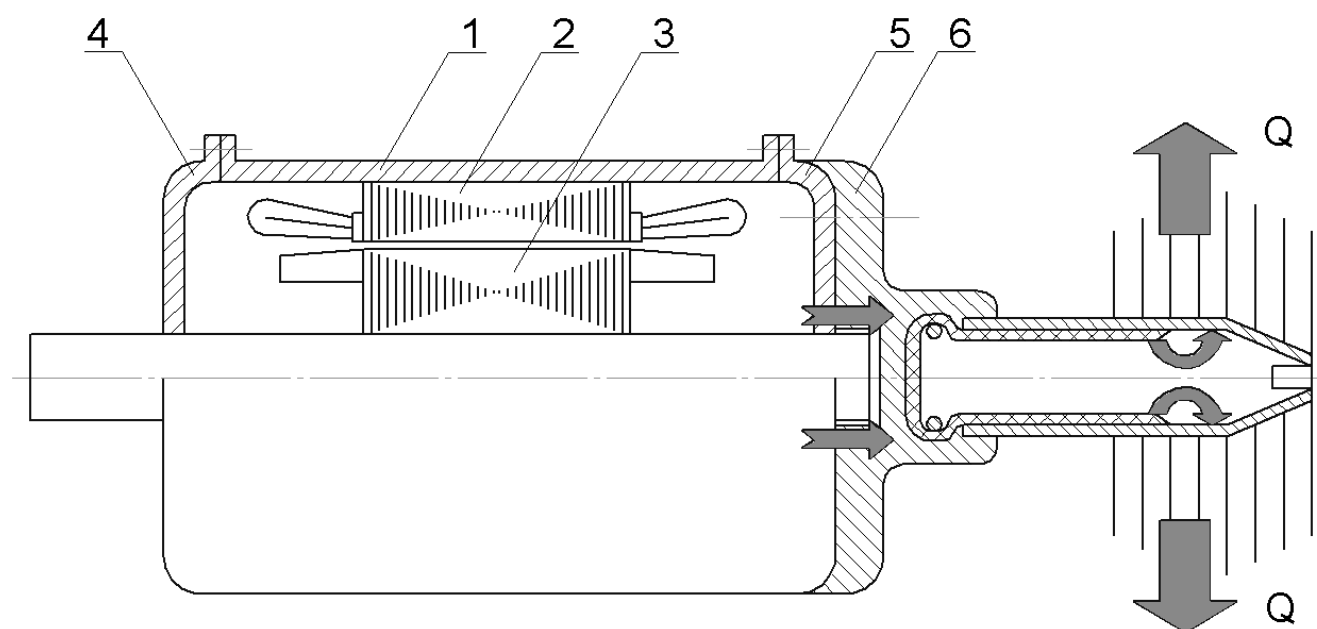
Такой способ охлаждения электродвигателя имеет ряд недостатков:

- на привод вентилятора тратится часть полезной мощности электродвигателя;
- работа вентилятора создаёт аэродинамический шум.

Предлагается с целью совершенствования конструктивного исполнения электродвигателей использовать для охлаждения тепловую трубку [3], которая позволит устранить вышеназванные недостатки. Ей присущи следующие достоинства:

- полная бесшумность;
- высокая эффективность и потенциал для её повышения в последующем;
- простота конструктивного исполнения, доступность исходных материалов и их небольшая себестоимость;
- высокая надёжность;
- приемлемые массогабаритные показатели;
- отсутствие какого-либо электропитания системы охлаждения;
- ресурс работы до 100 000 ч;
- величина мощности теплопередачи может достигать десятков кВт/см².

Суть предлагаемого способа, направленного на совершенствование системы охлаждения электродвигателя, представлена на рисунке 2.



- 1 – корпус электродвигателя; 2 – статор электродвигателя; 3 – ротор электродвигателя; 4 – передняя крышка корпуса электродвигателя;
- 5 – задняя крышка корпуса электродвигателя; 6 – тепловая трубка.

Рисунок 2 – Конструктивное исполнение электродвигателя с тепловой трубкой

При работе электродвигателя выделяется тепловая энергия, которая передаётся на корпус. Тепловая трубка (ТТ) осуществляет за счёт теплопроводности отвод тепловой энергии от корпуса и передачу её окружающей среде. ТТ представляет собой замкнутое испарительно-конденсационное устройство, предназначенное для охлаждения, нагрева, или терморегулирования объектов. Перенос тепла в ТТ осуществляется путём переноса массы теплоносителя, сопровождающегося изменением его фазового состояния (обычно испарение рабочей жидкости и её последующая конденсация).

Предлагаемая система совершенствования вполне конкурентоспособна с существующими системами охлаждения и может быть рекомендована к использованию в условиях, где имеются ограничения по акустическому шуму.

Библиография

1 Технический каталог электродвигателей ОАО «Владимирский электромоторный завод» [Электронный ресурс] / М. : ООО «Гидроснаб», 2011. – Режим доступа: http://www.ges.ru/book/book_bemz_air/13.htm. – Загл. с экрана.

2 **Борисов, Ю. М.** Электротехника [Текст] : учебник для вузов / Ю. М. Борисов, Д. Н. Липатов, Ю. Н. Зорин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.

3 **Ивановский, М. Н.** Физические основы тепловых труб [Текст] / М. Н. Ивановский, В. П. Сорокин, И. В. Ягодкин. – М. : Атомиздат, 1978. – 256 с.

Создание тренажёра для обучения и поддержания практических навыков сотрудников аварийно-спасательных формирований

С.В. Попов, С.И. Матвиенко, Н.П. Гузанов, К.И. Турищев

В настоящее время вопросы создания системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования предприятий-исполнителей работ по строительству, ремонту и утилизации атомных подводных лодок и кораблей с ядерными энергетическими установками, а так же обращению с радиоактивными отходами, переходят из плоскости обсуждения к практической реализации [1, 2]. Ведутся работы по созданию автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) на предприятиях ОАО ДВЗ «Звезда», ОАО «ЦС «Звездочка» и её филиале СРЗ «Нерпа», а так же региональных ситуационных кризисных центров (СКЦ) в городах Северодвинск, Снежногорск и Большой Камень [3, 4]. Данные системы предполагается интегрировать в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО).

На судостроительных и судоремонтных предприятиях длительное время действуют нештатные аварийно-спасательные формирования (АСФ) в составе комиссии по чрезвычайным ситуациям (КЧС) с оперативными группами оперативных штабов на радиационных объектах, аварийных партий цехов и отделов, сил и средств нештатных формирований специализированной сводной команды (отряда) ГО предприятия [5].

Для снижения максимально возможного поражающего воздействия радиационных факторов на население и окружающую среду необходимо своевременное выполнение следующих задач: стабилизация радиационной обстановки и защита персонала в начальный период после аварии, локализация района радиоактивного загрязнения, проведение эвакуационных и специальных медицинских мероприятий по защите персонала предприятия, ликвидация последствий радиационных аварий. Основными критериями эффективности функционирования АСФ являются: своевременность проведения первоначальных мероприятий комплекса необходимых мер в целях защиты работников предприятия, населения и окружающей среды, максимально-возможное снижение поражающего воздействия радиационных факторов на население и окружающую среду.

Первоочередными задачами АСФ являются: своевременное определение факта радиационной аварии, оповещение о радиационной аварии администрации, персонала предприятия и населения, вывод персонала с территории аварийного

объекта, тушение пожара в условиях воздействия ионизирующего излучения и радиоактивных загрязнений, подавление выброса радиоактивных веществ, оценка обстановки и принятие решения о снижении тяжести аварии и др.

Опыт проводимых учений показал, что штатные АСФ могут быть привлечены к решению этих задач в рабочее время – не ранее трёх часов после оповещения, сбора и укомплектования аварийно-спасательными средствами, и значительно больший период (до восьми часов) в нерабочее время, что недопустимо с точки зрения причинённого ущерба здоровью персонала и населения, природной среде, экономических и социальных потерь, вызванных радиоактивным заражением.

Сложность и разнообразие ядерно- и радиационно-опасных работ требуют профессиональной подготовки спасателей АСФ, т.к. уровень подготовки штатных АСФ для принятия адекватных и незамедлительных мер по локализации и ликвидации последствий аварии недостаточен. От быстрого и грамотного реагирования спасателей зависит человеческая жизнь, поэтому предупреждением и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) должны заниматься профессионалы – квалифицированные специалисты с высоким уровнем подготовки и соответствующими морально-психологическими качествами, способные обеспечить принцип постоянной готовности АСФ к оперативному реагированию на ЧС и проведению работ по их ликвидации.

Немаловажной стороной является тренировка групповой сплочённости, что в экстремальных условиях спасательной деятельности, её опасности, внезапности выдвигаемых задач ставит на первый план взаимовыручку, доверие, эмоциональную контактность при совместной деятельности.

В статье показан опыт разработки проекта тренажёра для обучения и поддержания практических навыков спасателей к выполнению работ по ликвидации ЧС, совершенствования их физической и психологической подготовки, а также навыков и действий в составе АСФ, в том числе по первичной оценке оперативной обстановки и поиску пострадавших на месте ЧС. Данная работа выполнялась специалистами ОАО «НИПТБ «Онега» в инициативном порядке.

Тренажёр предназначен для регулярных комплексных тренировок и оценочного контроля физического и морально-психологического состояния сотрудников АСФ и других военизированных подразделений (например, сотрудники МЧС России, аварийно-спасательные команды ВМФ России и пр.).

Тренажёр представляет собой полосу препятствий (ПП), расположенную в специально оборудованном помещении и оснащённую вспомогательным

оборудованием (ВО). Базовым элементом ПП является конструкция из массива ячеек, оборудованная датчиками срабатывания. Боковые перегородки ячеек позволяют переконфигурировать маршруты ПП. ВО обеспечивает широкий набор спецэффектов, призванных служить для контролируемого усложнения задачи прохождения ПП. Тренажёр оснащён системой оценочного контроля выполнения задачи (время прохождения ПП и постоянный контроль состояния испытуемого) с обеспечением одинаковых условий для всех тестируемых групп.

Тестируемая группа (предположительно из двух человек) должна войти в помещение тренажера, обнаружить вход в ПП, ознакомиться со схематическим планом первого яруса ПП, пройти его и подняться на второй ярус, ознакомиться с планом второго яруса, найти манекен и со всеми предосторожностями (любые ударные воздействия на манекен фиксируются автоматикой) вынести его из лабиринта. Все действия группы сопровождаются спецэффектами, срабатывание которых привязано к нахождению испытуемых в той или иной точке лабиринта ПП. Время прохождения этапов ПП и физическое состояние членов группы (дистанционно, по частоте пульса) автоматически фиксируется.

Тренажёр работает под управлением специального программного обеспечения (СПО), которое в режиме реального времени отображает на дисплее компьютера этапы прохождения ПП, работу ВО и другие параметры, позволяющие комплексно и обоснованно оценить подготовку спасателей. СПО имеет гибкие настройки, в результате чего имеется возможность оперативно изменять алгоритм работы ВО, усложняя или упрощая поставленную задачу.

Для приёма и обработки сигналов датчиков, управления ВО и обеспечения обменом информацией с персональным компьютером разработан аппаратно-программный комплекс (АПК).

ПП представляет собой двухъярусный лабиринт, основой которого является металлическая каркасная конструкция, образующая по 35 ячеек на каждом из двух ярусов (уровней). Стенки ячеек имеют решетчатую структуру для обеспечения полупрозрачности пространства. Перегородки между ячейками съёмные, часть внутренних перегородок демонтируется для формирования проходов (лабиринта). Две ячейки оборудованы трапом и переходным люком на верхний ярус, причём один из переходов может вести в тупик.

В первой ячейке каждого из ярусов вывешен план лабиринта, выполненный в общепринятом формате плана эвакуации людей из зданий. На рисунке 1 приведён один из множества возможных вариантов формирования проходов лабиринта ПП. Каждая ячейка ПП оборудована датчиком наличия человека для дальнейшей

передачи данных в компьютер и контроля прохождения испытуемыми ПП и формирования сигналов для ВО.

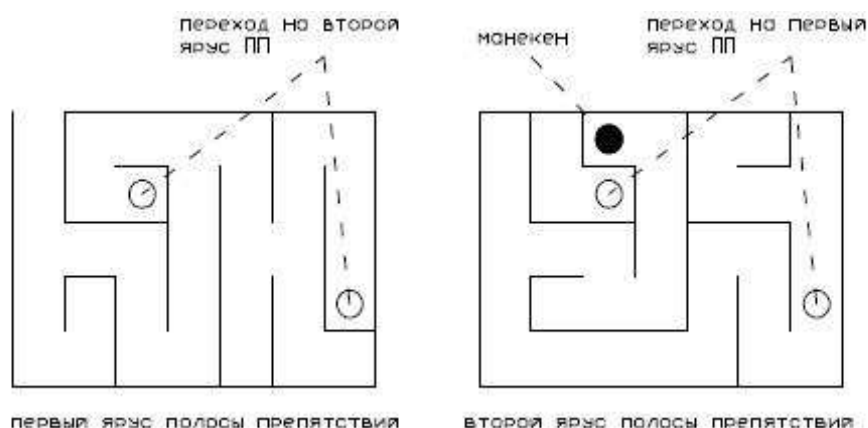


Рисунок 1 – Один из возможных вариантов формирования проходов лабиринта ПП

ВО предназначено для создания максимально сложных условий при прохождении ПП путём непосредственного воздействия на чувства восприятия человека и на его психику. В качестве ВО предполагается использовать:

- управляемое круговое освещение из направленных источников света (фар, прожекторов), расположенных по периметру помещения на уровне глаз. Постоянно изменяющееся направление света (эффект «бегущего огня») ослепляет и изменяет перспективу пространства, дезориентируя испытуемых;
- звуковые эффекты: сирены охранной сигнализации, призывы о помощи, инфразвук. Часть эффектов обеспечивается проигрыванием звуковых файлов через внешние акустические системы;
- направленное тепловое излучение (тепловая пушка) в определенном месте лабиринта;
- система визуального контроля с инфракрасной подсветкой;
- генератор холодного дыма на основе «сухого» льда для создания контролируемого задымления пространства или его части;
- тельфер для облегчения загрузки манекена на верхний уровень ПП;
- система вентиляции воздуха.

Все перечисленное оборудование функционирует под управлением СПО компьютера и АПК и синхронизировано по времени от начала теста (световые эффекты) и местом нахождения испытуемого (звуковые эффекты).

АПК предназначен для сбора и начальной обработки информации с датчиков, управления ВО, связи всех модулей и компьютера по локальной сети. Основными частями АПК являются:

- датчики частоты пульса – представляют собой браслет, закрепленный на запястье испытуемого. Датчик измеряет частоту пульса и передает информацию в реальном времени по беспроводному (радиочастотному) каналу данных;

- датчик ускорения манекена – служит для определения ударных нагрузок, которым подвергается манекен в процессе «эвакуации». Основой датчика является трехосевой интегральный акселерометр, сигналы с него обрабатываются микропроцессором и передаются по беспроводному каналу данных;

- датчик оптической проницаемости воздуха – используется при управлении генератором дыма для поддержания постоянной интенсивности искусственного «задымления» пространства;

- контроллер ввода данных – служит для опроса дискретных датчиков, интегрированных в ПП. Контроллер имеет 108 входов, цифровую обработку сигналов по специальным алгоритмам в зависимости от типа использованных датчиков. Период опроса входов составляет порядка 20 мс;

- контроллер ввода сигналов специальных датчиков – датчиков температуры «горячей» части ПП, датчиков интенсивности задымления, беспроводных датчиков (датчики частоты пульса, датчик ускорения манекена);

- контроллер вывода дискретных данных – имеет 24 высокоточных выходов типа «сухой контакт» и обеспечивает коммутацию всего ВО, установленного на площадке. Помимо управления с компьютера, каждый из выходов имеет режим ВКЛ (принудительное включение), ОТКЛ (принудительное выключение) и АВТ (автоматическая работа).

Все контроллеры и персональный компьютер объединены в локальную сеть посредством интерфейса RS-485, обмен информацией происходит согласно протоколу передачи данных MODBUS RTU.

СПО представляет собой функционально завершённую программу, обеспечивающую контроль всех событий, происходящих на участке ПП, а также архивирование полученных данных с возможностью дальнейшего просмотра. СПО реализует следующие функции:

- отображение зоны нахождения испытуемых на участке ПП;
- вывод на монитор информации с различных датчиков АПК (времени прохождения дистанции, частоты пульса испытуемых, ударных нагрузок на манекен, температуры и задымленности в помещении) в режиме реального времени;
- вывод на монитор компьютера изображения с видеокамер, установленных в помещении ПП;

- возможность автоматического выведения оценки прохождения дистанции испытуемым по фактическим объективным данным, полученным в результате проверки;

- управление ВО, синхронизация по времени и месту нахождения испытуемых. Алгоритм работы ВО, заданные установки температуры и задымлённости описаны специальными скриптами на языке Visual Basic с возможностью их оперативного изменения;

- управление сторонними приложениями, в частности, программой для проигрывания медиа-файлов;

- запись всех событий в архив с возможностью дальнейшего просмотра для анализа и сравнения.

На основе тренажёра возможна организация ступенчатой многоуровневой подготовки (тренировок) персонала АСФ, работающих в экстремальных условиях, отработки их совместных действий, обеспечивая при этом максимально безопасные условия подготовки при наличии постоянного контроля состояния испытуемого. Тестирование на тренажере позволит формировать группы из лиц, наиболее подготовленных к выполнению поставленных задач и с оптимальной психологической совместимостью. Кроме того, тренажёр позволит регулярно оценивать степень текущей готовности подразделений, проводить периодическую аттестацию личного состава.

Создание тренажёра для предприятий ОАО «ОСК» позволит качественно улучшить процессы обучения и поддержания практических навыков сотрудников АСФ, контроля их физической и психологической подготовки, определения их профессиональной готовности к реагированию на ЧС природного и техногенного характера, в том числе радиационных и химических аварий и проведению работ по их ликвидации.

Не вызывает сомнения, что затраты на создание и содержание тренажёра не сравнимы с возможным человеческим, экономическим и общественно-политическим ущербом, нанесенным несвоевременным принятием мер при возникновении ядерной или радиационной аварии.

Библиография

1 Создание системы радиационного мониторинга, территориального кризисного центра и системы оперативно-экспертной поддержки аварийного реагирования Архангельской области при утилизации АПЛ, обращении с ОЯТ и РАО

(первая очередь) /В.С. Никитин, М.А. Кожин//Сб. трудов НИПТБ «Онега».– 2008.– № 4. Сборник трудов молодых специалистов НИПТБ «Онега».

2 Создание системы предупреждения, управления и ликвидации ядерных и радиационных аварий на предприятиях Россудостроения /Н.В. Матейко, С.В. Попов, А.И. Цубаников, А.Д. Анисимов//Технология судоремонта.– 2004.– № 1. – С. 23–28.

3 Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования – элемент безопасности предприятий ОАО «ОСК»/В.В. Бармин, В.Я. Березин, С.В. Попов, О.М. Салыкин // ОСК. Интеграция и инновации. Журнал Объединенной судостроительной корпорации.– 2010.– № 2. С. 40-48

4 Опыт реконструкции радиационно-опасных объектов предприятий судостроительной промышленности /В.В. Бармин, В.Я. Березин, О.М. Салыкин, и др.//Сборник трудов НИПТБ «Онега». Выпуск 6. Опыт разработки проектной документации. Северодвинск 2011 г.

Способ защиты от биообрастания погружных электродвигателей открытого исполнения

С.И. Матвиенко, С.В. Попов, В.А. Иванова

Морское биообрастание известно человеку со времени постройки первых судов и первых морских сооружений. История этого вопроса уходит своими корнями в глубокую древность, о проблемах защиты от обрастания современному исследователю известно ещё из античной литературы V века до н. э. Очевидно, что сначала данное явление не имело существенного практического значения, но с течением времени оно переросло в серьёзную проблему.

Биообрастание подводной части судов и морских сооружений отрицательно влияет на гидродинамические характеристики судна при его эксплуатации, что приводит к ухудшению ходовых свойств: потере скорости хода судов, ухудшению манёвренности судна, повышению расхода топлива в связи с необходимостью поддерживать коммерчески оправданную скорость перевозки грузов, преждевременный износ машин и оборудования. Все это приводит к учащению докований и к ухудшению эксплуатационных показателей флота в целом. Обрастание гидроакустических приборов (эхолотов, локаторов, антенн связи) вызывает снижение их чувствительности вплоть до выхода прибора из строя.

Поверхности любых морских конструкций, как правило, сначала колонизируются микрообрастателями (преимущественно бактериями и микроводорослями), а позднее и макрообрастателями (личинками беспозвоночных и спорами макроводорослей) [1]. Развиваясь, биообрастание приводит к износу поверхности материала, усилению процессов коррозии и увеличению расхода топлива судов [2]. Ущерб от обрастания судов, причалов, платформ и оборудования, работающего в воде, в мировом масштабе составляет около 50 млрд. долларов в год [3]. Универсальных средств защиты от биообрастания, которые бы не отравляли окружающую среду, до сих пор не существует [4], поэтому в настоящий момент насущной задачей является поиск путей нетоксичной защиты от биообрастания. На практике используются два варианта борьбы с биообрастанием:

- химическое направление, связанное с использованием покрытий, способных выделять в окружающую среду сильнодействующие яды (биоциды);
- механическое предотвращение оседания личинок обрастателей.

Применяемые биоциды убивают не только обрастателей, но и любых других водных животных. Основной принцип работы противообрастающих покрытий составляет постоянный выход ядов в окружающую среду, приводящий к

образованию сначала локальных, а затем и более обширных безжизненных зон в акваториях портов. В сложившейся ситуации существует один разумный выход: не бороться с обрастанием, а защищаться от него.

Механический способ защиты от биообрастания предполагает создание принудительного движения забортной воды, которое будет предотвращать оседание личинок на внутренних поверхностях механизма, а также обеспечивает удаление твёрдых примесей. Такой способ был реализован в конструкции погружного асинхронного электродвигателя открытого исполнения, описание которого приведено в [5].

Вода, используемая при работающем электродвигателе для охлаждения статора и ротора, поступает в полость электродвигателя через отверстия в переднем подшипниковом щите. Циркуляция жидкости в зазоре между статором и ротором и в пазах статора происходит благодаря винтонарезной канавке, выполненной на роторе, из-за чего он приобретает свойства ротора винтового насоса. Задний подшипниковый щит выполняется глухим. В результате в полости электродвигателя перед задним подшипниковым щитом создаётся повышенное давление, за счёт которого вода с определённой скоростью будет поступать в каналы охлаждения, сформированные между корпусом электродвигателя и пакетом статора, и выводиться из полости электродвигателя через те же отверстия в переднем подшипниковом щите, которые используются для забора воды на охлаждение. Для организации требуемой циркуляции в заднем подшипниковом щите выполняются направляющие канавки, создающие поток воды в канале охлаждения.

Такой способ системы охлаждения статора позволяет бороться с биообрастаниями только при работающем электродвигателе. Для большей эффективности предлагается дополнить механическое предотвращение оседания системой генерирования ультразвуковых колебаний жидкости, создающих ультразвуковой фильтр над рассматриваемыми поверхностями при неработающем электродвигателе.

Благодаря ультразвуковой вибрации личинки обрастателей, попадающие во внутренние полости электродвигателя, после его останова не будут иметь возможности осесть на поверхности из-за наличия ультразвукового фильтра. Фильтр состоит из основания, имеющего форму диска, и пьезоэлектрических элементов, которые необходимо концентрически разместить на переднем и заднем подшипниковых щитах. Расположение пьезоэлектрических элементов должно быть таким, чтобы создаваемое ими ультразвуковое поле имело вид цилиндрической

поверхности. Вариант установки ультразвуковых пьезоизлучателей приведён на рисунке 1.

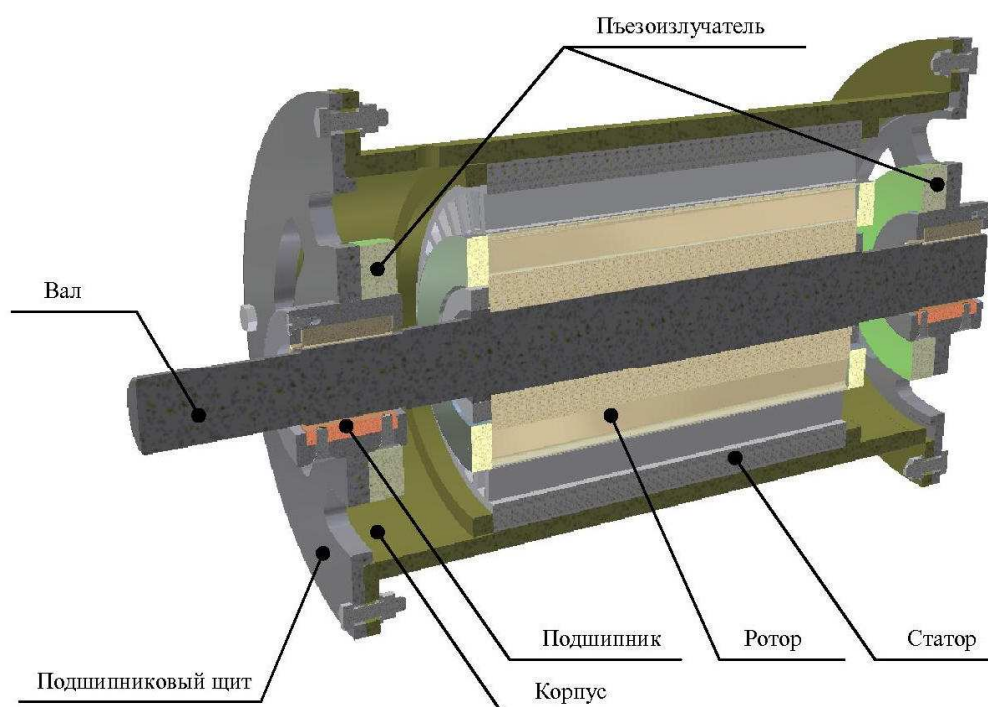


Рисунок 1 – Вариант установки ультразвуковых пьезоизлучателей на электродвигателе

Ультразвук – упругие волны, частота которых превышает 15 ... 20 кГц, причём верхняя граница определена параметрами среды, в которой распространяются волны, и обычно не превышает 1 МГц. Распространение ультразвука подчиняется основным законам, общим для акустических волн любого диапазона, скорость распространения определяется характеристиками упругости и плотности среды, также влияет характер границ сред. Малая длина волны обуславливает лучевой характер распространения, вследствие чего ультразвуковые волны распространяются в виде пучков, поперечный размер которых близок к размеру излучателя. Ультразвуковые волны затухают значительно быстрее, чем волны низкочастотного диапазона, так как коэффициент затухания пропорционален квадрату частоты. Существует возможность получения высоких значений интенсивности звукового поля при небольшой амплитуде колебательного смещения, так как при данной амплитуде интенсивность пропорциональна квадрату частоты (амплитуда колебательных смещений на практике лимитируется прочностью акустических излучателей).

Важнейшим нелинейным эффектом ультразвукового поля является кавитация – возникновение в жидкости массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром,

газом или их смесью. Движение пузырьков, их захлопывание порождает в жидкости микроударные волны и микропотоки, вызывает локальное нагревание среды, ионизацию. Критической мощностью излучения, после которой возможно появление кавитации, считается $0,2 \dots 0,5 \text{ Вт/см}^3$ (в полосе частот от 20 до 40 кГц).

Физическая природа воздействия ультразвука на биологические объекты связана с действием факторов, сопутствующих распространению ультразвука в среде (механического, теплового, физико-химического). В зависимости от длительности и интенсивности воздействия ультразвук оказывает различное воздействие на биологические объекты. Так, при малых интенсивностях (от 1 до 2 Вт/см^2 на частотах порядка от 10^5 до 10^6 Гц) происходит своеобразный микромассаж тканей, способствующий улучшению обмена веществ. На границе разделения сред происходит поглощение ультразвука и преобразование акустической энергии в тепловую. Локальный нагрев на единицы градусов может способствовать повышению жизнедеятельности биологических объектов. Повышение интенсивности приводит к появлению в биологических средах кавитации, следовательно, и к механическому разрушению клеток и тканей, кавитационными «зародышами» при этом служат пузырьки, всегда имеющиеся в биологических тканях [5].

Наиболее используемым в технике видом излучающих устройств являются пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП). С пьезоэлементами в виде пластин, стержней и колец они применяются в диапазоне частот от единиц кГц до десятков МГц для различных целей. Коэффициент полезного действия ПЭП составляет 40 ... 70 %, удельная мощность – до 10 Вт/см^2 . Динамический диапазон их ограничен сверху механической и электрической прочностью, а также нагреванием из-за собственных потерь.

Для излучения в воду обычно используют ПЭП в виде пьезокерамических колец с использованием поперечного и продольного пьезоэффекта. Такие ПЭП работают в достаточно широкой полосе частот и обладают ненаправленным излучением в плоскости, перпендикулярной оси кольца. При расчётах ПЭП заменяются электромеханической схемой, эквивалентной ему с точки зрения расчёта соотношений между электрическими и механическими (акустическими) величинами. Для улучшения механических свойств ПЭП упрочняют путём создания в них механического напряжения сжатия, например, при помощи стяжного болта.

Величины ограничивающих факторов существенно зависят от материала и уровня технологии изготовления ПЭП. Так, например, у современного материала ТБК-3 ограничивающим фактором является величина механического динамического

напряжения, которая при напряжённости электрического поля $E_{\text{доп}} = 2 \cdot 10^6$ В/м достигает значения $\sigma_{\text{доп}} = 7 \cdot 10^7$ Н/м, а при дополнительном упрочнении поджатием (например, стягиванием болтами) может увеличиться в пять раз.

Для работы в качестве системы биологической защиты погружных механизмов наиболее предпочтительной является система, состоящая из двух кольцевых ПЭП с синхронным импульсным возбуждением от одного генератора (частота от 20 до 50 Гц) и отдельными цепями формирования ударного импульса. Конструктивно каждый из двух электроакустических преобразователей представляет собой кольцо из материала ТБК-3, жёстко притянутое сквозными стяжными болтами и металлической шайбой через капроновую или паронитовую прокладку к торцовой крышке механизма. Электрические импульсы подводятся к напылённым на поверхности ТБК-3 электродам или к металлическим прокладкам, прилегающим к поверхностям кольца. Электрическая изоляция «горячего» электрода выполнена с учётом высокого (до 700 В) рабочего напряжения. Импульсный генератор может быть размещён внутри клеммной коробки электродвигателя. Электропитание генератору подаётся по силовому кабелю, причём питание генератора на время работы механизма допускается не отключать.

В данной работе рассмотрена проблема защиты только внутренних поверхностей электродвигателя, состояние которых напрямую влияет на его надёжность. Защита других поверхностей может быть решена аналогичным порядком. Применение подобного ультразвукового устройства позволит без ущерба для морских экосистем защитить поверхности морских объектов от процесса биообрастания или значительно его замедлить. Окончательные выводы по практической значимости предлагаемого мероприятия могут быть сделаны после проведения всесторонних экспериментальных исследований.

Библиография

- 1 **Раилкин, А. И.** Процессы колонизации и защита от биообрастания [Текст] / А. И. Раилкин. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1998. – 272 с.
- 2 **Резниченко, О. Г.** Обрастание в Мировом океане [Текст] / О. Г. Резниченко, О. Н. Солдатова, Е. А. Цихон-Луканина // Итоги науки и техники. Сер. «Зоология беспозвоночных». – М. : ВИНТИ. – 1976. – Т. 4. – С. 110–119.
- 3 **Зевина, Г. Б.** Биология морского обрастания [Текст] / Г. Б. Зевина. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 133 с.

4 **Добрецов, С. В.** Действие бактериальных репеллентов и наркотизирующих веществ на морское макрообрастание [Текст] / С. В. Добрецов, А. И. Раилкин // Биол. моря. – 1994. – Т. 20. – № 1. – С. 20–27.

5 **Попов, С. В.** Проблемы проектирования погружных электродвигателей открытого типа [Текст] / С. В. Попов, Н. П. Гузанов, С. И. Матвиенко // Судостроение. – 2009. – № 1. – С. 35–37.

6 **Байер, В.** Ультразвук в биологии и медицине [Текст] / В. Байер, В. Дернер ; пер. с нем. И. Э. Эльпинер // Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. – Л. : Медгиз, 1958. – 186 с.

Улучшение параметров микроклимата в производственных помещениях

ОАО «НИПТБ «Онега»

Г.А. Богданов, Г.В. Фофанов, Г.С. Богданова

Трудоспособность специалистов организации во многом зависит от того, насколько комфортно и уютно каждый из них чувствует себя на рабочем месте. Для этого к производственным помещениям, в которых работают инженеры, предъявляются требования по соблюдению определённых параметров микроклимата. Такие параметры определяются комплексом следующих показателей: температурой воздуха в помещении, влажностью, скоростью движения и чистотой воздуха, количеством кислорода, содержащегося в воздухе производственного помещения, наличием солнечного света и шумоподавлением.

Для выявления и улучшения параметров микроклимата, вызывающих дискомфорт в производственных помещениях ОАО «НИПТБ «Онега», в 2010 – 2011 годах была выполнена НИР «Микроклимат». В рамках работы были исследованы параметры микроклимата, к которым имелись нарекания со стороны работников и разработаны мероприятия по их улучшению.

Основным параметром микроклимата, требующим улучшения, является температура воздуха. Людям, обычно, не нравится, когда в помещении слишком холодно или слишком жарко. Наиболее комфортным для производственных помещений считается температура воздуха от 20 до 22 °С. Жалобы на дискомфорт, как правило, начинают поступать от работников при температурах ниже 18 °С и выше 24 °С.

Вторым важным параметром микроклимата, вызывающим нарекания и требующим улучшения, является количество кислорода, содержащегося в воздухе производственного помещения. Чистый свежий воздух позволяет увеличить работоспособность мозга, физическую активность, благоприятно воздействует на память, избавляет от головной боли и духоты. Обеспечение воздухообмена в производственном помещении является необходимым условием для повышения работоспособности инженеров.

Эти параметры должны обеспечиваться, прежде всего, эффективной работой системы вентиляции, а также оптимальными режимами работы системы отопления.

В процессе НИР выполнен анализ документации на существующие системы отопления и вентиляции, норм, регламентирующих параметры микроклимата в помещении, определены варианты модернизации существующих систем вентиляции и отопления для улучшения микроклимата в производственных помещениях,

выполнены необходимые расчёты, в том числе экономической целесообразности вариантов модернизации существующих систем вентиляции и отопления, проведён информационный поиск современных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, обеспечивающих требуемые параметры микроклимата в производственных помещениях, разработаны рекомендации по улучшению микроклимата в производственных помещениях.

В результате исследований температуры и влажности воздуха в производственных помещениях, испытаний штатной системы вентиляции и проработки технической документации установлено, что существующая вентиляция не выполняет своего функционального назначения и не обеспечивает необходимые параметры воздухообмена, предусмотренные СНиП 31-05 [1], что приводит к ухудшению микроклимата в производственных помещениях

В связи с тем, что реконструкция системы отопления не влияет на состав воздушной среды, а реконструкция существующей системы вентиляции потребует значительных капитальных вложений, принято улучшение проблемных параметров выполнять за счёт применения современных локальных энергоэффективных систем вентиляции и поддержания микроклимата в производственных помещениях.

Предложены установка кондиционеров в помещение отдела технической документации для обеспечения безотказной работы копировально-множительной техники и приточно-вытяжных установок УВРК-50 (далее – установок УВРК-50), внешний вид которых представлен на рисунке 1, для опытной эксплуатации в помещении 610.

В 2011 году выполнены монтаж двух установок УВРК-50 в помещении 610, и измерение температуры и влажности воздуха в исследуемых производственных помещениях, сравнительный анализ полученных результатов измерений.



Рисунок 1 – Внешний вид установки УВРК-50

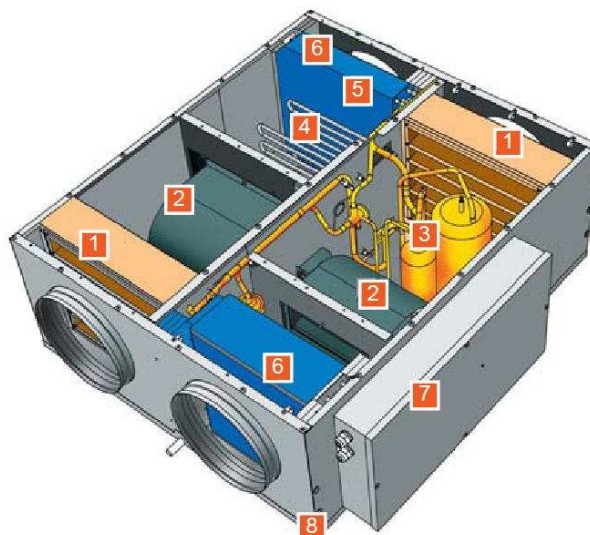
В процессе опытной эксплуатации установки УВРК-50 выявлены преимущества и недостатки.

Преимуществами установки УВРК-50 являются экономичность в электропотреблении, обеспечение постоянного поступления свежего воздуха, значительное снижение уровня влажности в производственном помещении, поддержание требуемого температурного режима в производственном помещении в зимний период, а также наличие воздухообмена, исключающего постоянное присутствие неприятных и устойчивых запахов.

Недостатками установки УВРК-50 являются высокий уровень шума при оборотах средних и выше среднего, затруднённый монтаж установок в ограниченном пространстве и необходимость сверления отверстий в стене, недостаточная производительность установок по воздуху (средняя $50 \text{ м}^3/\text{ч}$) для понижения температуры в производственном помещении в летний период и в переходные периоды года, а также затруднительное отключение большого количества установок УВРК-50 при пожаре по сигналу системы пожарной сигнализации.

На основании вышеизложенного сделан вывод, что установки УВРК-50 положительно, но незначительно влияют на микроклимат в производственных помещениях. Учитывая технические сложности при установке и эксплуатации установок УВРК-50, а также увеличение их количества для обеспечения заданных параметров микроклимата необходимо искать другие варианты улучшения микроклимата в производственных помещениях.

В результате проведённой НИР разработаны новые технические мероприятия по улучшению температуры и влажности воздуха в производственных помещениях, предложены приточно-вытяжные установки «Климат», устройство которых представлено на рисунке 2, обеспечивающие оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях, выполнен расчёт необходимого количества приточно-вытяжных установок «Климат» для производственных помещений.



1 – кассетный фильтр, 2 – вентиляторы (2 шт.), 3 – компрессор,
 4 – электрический нагреватель (ТЭН), 5 – калорифер, 6 – теплообменник,
 7 – устройства автоматики, 8 – теплоизолированный корпус

Рисунок 2 – Устройство приточно-вытяжной установки «Климат»

Приточно-вытяжная установка «Климат» предназначена для обеспечения требуемого воздухообмена в помещении (приток, вытяжка) без рециркуляции (возвращения выбрасываемого воздуха обратно в помещение), очистки подаваемого с улицы воздуха (класс фильтрации EU3 – EU7), автоматического поддержания в вентилируемом помещении заданной температуры.

Приточно-вытяжная установка «Климат» обеспечивает значительную экономию электроэнергии за счёт эффекта теплоутилизации. Он состоит в использовании энергии вытяжного воздуха для нагрева приточного. Таким образом, отпадает необходимость смешивания приточного и вытяжного воздуха (частичной рециркуляции) для экономии энергозатрат на нагрев воздуха до требуемой температуры.

Ожидаемым результатом организации в производственных помещениях приточно-вытяжной системы вентиляции и кондиционирования воздуха с использованием приточно-вытяжных установок «Климат», станет поддержание комфортных условий микроклимата и как следствие, повышение производительности труда специалистов ОАО «НИПТБ «Онега».

Библиография

1 СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения. – Введ. 2003-09-01. – М.: Госстрой России, 2004. – 23 с.

Сдано в производство _____. Подписано в печать _____.
Тираж 50 экз. Бумага типографская. Усл. печ. л 3,5

За содержание предоставленных докладов редакционно-издательская группа
предприятия ответственности не несет. Отпечатано с авторских текстов