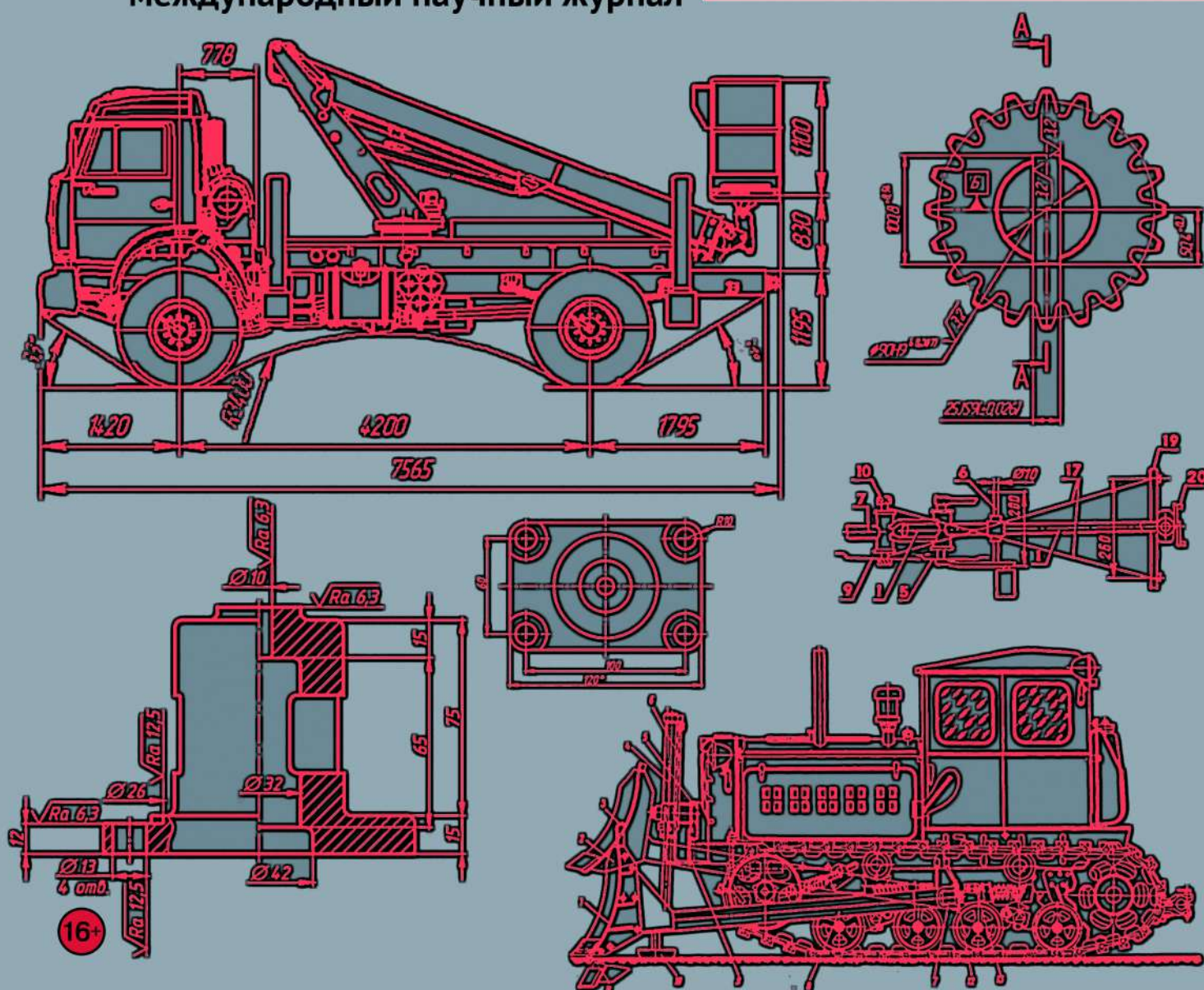


ТЕХНОЛОГИИ
ТЕХНИКА
ИНЖЕНЕРИЯ

международный научный журнал



ISSN 2500-090X

ТЕХНИКА ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИЯ

Международный научный журнал
№ 3 (09) / 2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Члены редакционной коллегии:

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Искаков Руслан Маратбекович, *кандидат технических наук*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Руководитель редакционного отдела:

Кайнова Галина Анатольевна

Ответственный редактор:

Осянина Екатерина Игоревна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 10.07.2018. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ. Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*
Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*
Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*
Бидова Бэла Бертовна, *доктор юридических наук, доцент (Россия)*
Борисов Вячеслав Викторович, *доктор педагогических наук, профессор (Украина)*
Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*
Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*
Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*
Данилов Александр Максимович, *доктор технических наук, профессор (Россия)*
Демидов Алексей Александрович, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, *доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)*
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, *доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)*
Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*
Искаков Руслан Маратбекович, *кандидат технических наук (Казахстан)*
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, *кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)*
Кайгородов Иван Борисович, *кандидат физико-математических наук (Бразилия)*
Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*
Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Россия)*
Колпак Евгений Петрович, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, *доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)*
Курпаяниди Константин Иванович, *доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)*
Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*
Кыят Эмине Лейла, *доктор экономических наук (Турция)*
Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*
Малес Людмила Владимировна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*
Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, *кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)*
Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*
Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, *доктор философских наук, профессор (Россия)*
Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*
Сорока Юлия Георгиевна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*
Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*
Федорова Мария Сергеевна, *кандидат архитектуры (Россия)*
Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*
Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*
Шарипов Аскар Калиевич, *доктор экономических наук, доцент (Казахстан)*
Шуклина Зинаида Николаевна, *доктор экономических наук (Россия)*

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОНИКА

Морозов Н.В., Галстян К.П.

Получение и применение фотонных кристаллов 1

Семенов О.Ю., Давлетов Р.Р., Чаппаров Ф.Х., Сафроненко С.А., Шафикова А.Ф., Гамидов Ф.М.

Сети следующего поколения NGN стандарта GSM — от 2G до 6G 3

Семенов О.Ю., Чаппаров Ф.Х., Трофимова М.А., Шаркова Н.А., Гамидов Ф.М., Сафроненко С.А.

OFDM-сигналы в телекоммуникационных системах беспроводной передачи данных 6

Смольский Д.А.

Ориентация робота в условиях коридорной местности 8

ЭНЕРГЕТИКА

Голубев Р.О.

Перспективы использования малооборотных главных двигателей на больших стандартных СПГ-танкерах 14

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Mosckalev A., Rahman A.

Research and improvement of laser interferometric system in the field of non-contact measurements of reference rings 18

СТРОИТЕЛЬСТВО

Ашрабова М.А.

Шлакощелочные бетоны высокой прочности для водохозяйственного строительства 23

Гаппаров Ф.А., Ирмухамедова Л.Х., Гаффарова М.Ф.

Рациональный режим наполнения и сработки ирригационных водохранилищ 25

Давыдова К.А.

Оценка резерва времени, необходимого для предотвращения срывов сроков строительного производства 29

Фырлина Г.Л.

Защита железобетонных конструкций в агрессивных средах 31

САПР И ГРАФИКА

Юрищева В.А.

Разработка интерактивной эксплуатационной документации 34

ЭЛЕКТРОНИКА

Получение и применение фотонных кристаллов

Морозов Никита Владимирович, студент;
Галстян Кристина Паруйровна, студент
Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва)

В статье приведен способ теоретического расчета параметров фотонного кристалла, а также показан способ получения узкополосного светофильтра на основе одномерной фотонно-кристаллической пленки с последующим применением для генераций гармоник и субгармоник лазера с несколькими оптическими гармониками.

Ключевые слова: фотонный кристалл, светофильтр, стоп-зона

Понятие «светофильтр» появилось практически сразу после создания первого фотоаппарата «KODAK» в 1889 году Джорджем Истманом. Уже тогда фотографы стали замечать, что теплые светофильтры помогают при портретной съемке. Современные светофильтры помогают выделить или убрать свет определенной длины волны, поляризации и так далее. Например, с помощью поляризационных светофильтров можно снимать дно водоема, полностью убирая свет, отраженный от поверхности воды. Однако наиболее важной остается проблема создания узкополосного светофильтра, т. е. фильтра, который пропускает или не пропускает узкий диапазон частот.

Термин «фотонный кристалл» был введен в работе Э. Яблоновича 1987 года, в которой он описал идею создания подобной структуры [1]. Фотонный кристалл представляет собой материал с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью в одном, двух или трех пространственных направлениях. Соответственно, фотонные кристаллы разделяют на одномерные, двумерные и трехмерные. На основе одномерного фотонного кристалла можно создать узкополосный светофильтр с управляемыми полосами пропускания и отражения [2, 3]. В спектре отражения фотонного кристалла присутствуют так называемые стоп-зоны. Они представляют собой спектральные области, которые сильнее всего отражаются от поверхности кристалла. При этом распространение света, попадающего в этот спектр, внутри фотонного кристалла запрещено по всем направлениям. Чем уже стоп-зоны у фотонного кристалла, тем лучше его частотные характеристики.

Введение дефектов в такие кристаллы позволяет сделать внутри фотонной запрещенной зоны определенные состояния, на которых может быть локализован свет. То есть распространение света вдоль какого-то направления может быть усилено или наоборот ограничено. Фотонные кристаллы с такой управляемой дефектностью могут применяться при создании полностью оптических устройств и схем нового поколения оптических телекоммуникационных технологий.

Одномерный периодический фотонный кристалл можно создать, например, путем нанесения полосы кремния с прямоугольным сечением на подложку из SiO_2 и вытравливанием в ней отверстий вдоль одной линии на равном расстоянии друг друга. Сейчас развит способ получения одномерных фотонно-кристаллических пленок в результате электрохимического травления алюминиевой фольги [4]. В зависимости от режима травления можно получить период решетки в диапазоне 100–500 нм. От периода решетки зависит положение стоп-зон соотношением Брэгга — Брэгга:

$$m\lambda_m = 2dn_{\text{ef}}(\lambda_m) \quad (1)$$

Здесь $m=1, 2, 3, \dots$ — номер стоп-зоны; λ_m — длина волны соответствующей стоп-зоны; $d = a_1 + a_2$ — период кристаллической решетки; $a_1 = a_2$ — толщина слоев; n_1 и n_2 — показатели преломления, n_{ef} — эффективный показатель преломления:

$$n_{\text{ef}}^2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} n_1^2 + \frac{a_2}{a_1 + a_2} n_2^2. \quad (2)$$

Показатель преломления первого слоя пленки $n_1(\lambda_m)$ в области 2-й стоп-зоны можно получить из выражения [5]:

$$n_1(\lambda_m) = \sqrt{(1 - \delta)n_{\text{Al}_2\text{O}_3}^2(\lambda_m) + \delta n_{\text{air}}^2}. \quad (3)$$

Здесь δ — пористость слоя; $n_{\text{Al}_2\text{O}_3}^2(\lambda_m)$, $n_{\text{Al}_2\text{O}_3}^2(\lambda_m)$ и $n_{\text{air}}^2 n_{\text{air}}^2$ — показатели преломления монокристалла оксида алюминия и воздуха. Ширина $\Delta\lambda_m$ и спектральное положение λ_m стоп-зоны с порядковым номером $m = 1$ связаны с показателем преломления слоев известным соотношением:

$$\frac{\Delta\lambda_m}{\lambda_m} = \frac{4 n_1(\lambda_m) - n_2(\lambda_m)}{\pi n_1(\lambda_m) + n_2(\lambda_m)}. \quad (4)$$

Из соотношения (4) получаем формулу для расчета показателя преломления второго слоя:

$$n_2(\lambda_m) = n_1(\lambda_m) \frac{4\lambda_m - \pi\Delta\lambda_m}{4\lambda_m + \pi\Delta\lambda_m}. \quad (5)$$

Чтобы проанализировать наблюдаемые оптические свойства фотонного кристалла воспользуемся моделью Кронига — Пенни (для бесконечного числа слоев в пленке) [6]:

$$\cos kd = \cos(k_1 a_1) \cos(k_2 a_2) - \frac{1}{2} \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_1} \right) \sin(k_1 a_1) \sin(k_2 a_2), \quad (6)$$

где n_1 и n_2 — показатели преломления слоев композита шириной a_1 и a_2 , $k_1 = \frac{\omega}{c} n_1$, $k_2 = \frac{\omega}{c} n_2$, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Для кристалла с бесконечным числом слоев справедлива формула Френеля:

$$R(\omega) = \left| \frac{\frac{cK(\omega)}{\omega} - 1}{\frac{cK(\omega)}{\omega} + 1} \right|^2, \quad (7)$$

Соотношения (1) — (7) позволяют с большой точностью получить кривую спектра пропускания и отражения фотонного кристалла. Погрешность возникает из-за необходимости учета конечного числа слоев в пленке.

Чтобы изменить характеристики, можно ввести в поры кристалла другие вещества, например, иодата лития LiIO_3 путем растворения его в жидкости с последующим выпариванием. Так как он обладает другим показателем преломления, то эффективный показатель преломления в соответствии с соотношением (2) изменяется, что приводит, в соответствии с законом Брэгга (1), к смещению положения стоп-зоны. Также показатель преломления среды зависит от температуры следующим соотношением:

$$n = n_0 + \frac{dn}{dT} \Delta T = n_0 + \frac{dn}{dT} \Delta T \quad (8)$$

Следовательно, чтобы точно подстроить стоп-зону на нужную нам длину волны, можно изменять температуру пленки. Так как поры составляют половину массы всей пленки, зная ее макропараметры и плотность вводимого в поры вещества, можно вычислить необходимую массу данного вводимого вещества.

С фотонными кристаллами связывают будущее современной электроники. В данный момент идёт интенсивное изучение свойств фотонных кристаллов, разработка теоретических методов их исследования, разработка и исследование различных устройств с фотонными кристаллами, практическая реализация теоретически предсказанных эффектов в фотонных кристаллах, и предполагается, что:

- Лазеры с фотонными кристаллами позволяют получить малосигнальную лазерную генерацию, так называемые низкопороговые и беспороговые лазеры;
- С помощью фотонных кристаллов можно будет создавать среды с отрицательным показателем преломления, что даст возможность фокусировать свет в точку размерами меньше длины волны («суперлинзы») [7];
- Фотонные кристаллы обладают существенными дисперсионными свойствами (их свойства зависят от длины волны проходящего через них излучения), это даст возможность создать суперпризмы [8];
- Новый класс дисплеев, в которых манипуляция цветом пикселей осуществляется при помощи фотонных кристаллов, частично или полностью заменит существующие дисплеи;
- Благодаря упорядоченному характеру явления удержания фотонов в фотонном кристалле, на основе этих сред возможно построение оптических запоминающих устройств и логических устройств;

С помощью фотонно-кристаллических пленок можно создавать узкополосные светофильтры, которые перспективны для использования при регистрации комбинационного рассеяния. Также с их помощью можно выделять и усиливать падающее излучение. Для того, чтобы добиться полного отражения избранной линии генерации, изменяют период кристаллической решетки в процессе анодирования путем изменения угла поворота кристаллической решетки или введением в поры диэлектрической среды, что позволяет сместить положение стоп-зоны.

С помощью фотонных кристаллов можно генерировать излучение высших гармоник. При малых амплитудах падающего на находящийся в порах диэлектрик излучения суммарный дипольный момент в единице объема будет пропорционален амплитуде излучения. В таком случае дипольный момент рождает вторичную волну той же частоты. Но при больших амплитудах суммарный дипольный момент зависит уже от второй, третьей и высших степеней амплитуды, что приводит к рождению вторичных волн удвоенной, утроенной и т. д. частоты. Такой эффект применяют в полупроводниковых лазерах, вырабатывающих излучение, попадающего в инфракрасную область, чтобы получить излучение в области видимого спектра. При этом, если подавать на фотонно-кристаллическую пленку излучение, длина волны которого равна его стоп-зоне, то входное излучение не пройдет сквозь него, что дает нам возможность получить излучение одной длины волны.

Литература:

1. Кессених, Г.Г., Санников Д. Г., Шувалов Л. А. // Кристаллография — 1971. — Т. 16. — с. 350–355.
2. Ивченко, Е.Л., Поддубный А. Н. // ФТТ. 2006. Т. 48. Вып. 3. с. 540.
3. Liu Yisen, Chang Yi, Ling Zhiyuan, Hu Xing, Li Yi. // Electrochem. Commun. 2011. V. 112. P. 013106.
4. Сивухин, Д. В. // Опт. и спектр. 1957. Т. 3. Вып. 4. с. 308.
5. Yariv A, Yeh P. // Optical Waves in Crystals. Propagation and Control of Laser Radiation. N. Y. — Wiley — 1984—589 p.
6. А.И. Морозов, Физика Твердого тела, Электроны в кристалле, Металлы, Полупроводники, Диэлектрики, Магнетики, Сверхпроводники. 2008.
7. Дж. Пендри, Д. Смит. В поисках суперлинзы // В мире науки. — 2006. — № 11.
8. А.М. Мерзликин, А.П. Виноградов, М. Иноуе, А.Б. Грановский. Эффект «суперпризмы» в одномерном магнитофонном кристалле // Физика твердого тела. Т. 50. — 2008. — № 5. — с. 838–842.

Сети следующего поколения NGN стандарта GSM — от 2G до 6G

Семенов Олег Юрьевич, кандидат физико-математических наук, преподаватель высшей категории;
 Давлетов Руслан Русланович, студент магистратуры;
 Чаппаров Фарид Хамзаевич, студент магистратуры;
 Сафроненко Светлана Анфисовна, студент магистратуры;
 Шафикова Альбина Фазировна, студент магистратуры;
 Гамидов Фарид Максимович, студент магистратуры
 Сургутский государственный университет

В работе представлены системы сетей следующего поколения: от 2G до 6G, рассмотрены инженерные решения при разработке оборудования связи технологии 5G, показаны технические характеристики различных стандартов и перспективы использования передачи данных на высоких частотах радиоволнового спектра выше 6 ГГц.

Ключевые слова: NGN, GSM, мобильный интернет, технологии 5G, интернет вещей, IoT, Messenger, LTE, системы телекоммуникаций, сети следующего поколения.

Современные смартфоны позволяют пользователям иметь мобильный доступ к различным автоматизированным сервисам информационных систем глобальной сети интернет, передавать текстовые и графические сообщения, просматривать изображения и видеофайлы, работать с навигацией, одним касанием оплачивать товары и услуги, следить за состоянием здоровья, получать услуги авто-помощника и осуществлять связь с различной телекоммуникационной инфраструктурой. Это стало доступно благодаря развитию мобильного интернета — сетей передачи данных, развитие которых тесно связано с таким понятием как Next generation networks (NGN) — сетей следующего поколения. Сети NGN объединяют и дополняют другие сети, такие как IP-сети, ТФОП, голосовую речь, а также

включают в себя интеграцию набора мультимедийных услуг [1–2].

Сети передачи данных берут своё начало с 1980 года — появления первого аналогового стандарта мобильных коммуникаций, скорость которого достигала всего лишь 5,6 кбит/с. Этой скорости в наше время будет уже недостаточно для многих привычных нам задач. Далее 1991 году появляется стандарт GSM, по другому сети 2G и скорость уже достигала 19,5 кбит/с. Скорость последнего усовершенствования GSM, который получил название стандарт EDGE, достигала 474 кбит/с. Последние стандарты 3G и 4G позволяют передавать данные со скоростью 3,6 Мбит/с и 150 Мбит/с. В 2014 году компании МТС удалось увеличить скорость в сетях третьего поколения до уровня LTE за счёт раз-

деления используемых частот на три канала, что позволило после модернизации базовых станций, увеличить скорость до 63 Мбит/с и при этом средняя скорость передачи данных стала превышать 20 Мбит/с.

В настоящее время также идет активное тестирование сетей пятого поколения (5G), международное внедрение которое планируется завершить к 2020–2022 годам. Первые тесты были проведены и в России в 2016 году, компаниями Мегафон и МТС, где была достигнута рекордная скорость 25 Гбит/с. Такой скорости вполне хватает, чтобы просматривать без задержек видео в формате 8К или загрузить фильм в формате HD менее чем за три секунды. Для этих целей МТС закупил у компании Ericsson аппаратное обеспечение для сетей беспроводной связи, основное оборудование и новые версии решений Mobile Softswitch Solution (MSS) и User Data Consolidation (UDC), обеспечивающих консолидацию всех пользовательских данных в сети. Кроме того, Ericsson поставит программные решения для массового внедрения Интернета вещей (Internet of Things, IoT), обеспечивающие передачу данных от счётчиков и сенсоров с использованием технологий NB-IoT и Cat-M1.

«Решения Ericsson покрывают растущие потребности МТС в пропускной способности и готовят сеть оператора к огромным переменам, которые повлекут за собой внедрение услуг на базе технологий 5G и IoT. Развитие сетей 5G обеспечит быстрый рост цифровизации всех отраслей, создаст и улучшит множество сценариев использо-

вания: например, игры с эффектом присутствия, автономный транспорт, удалённая роботизированная хирургия и услуги технической поддержки и ремонта, основанные на технологии дополненной реальности», — прокомментировал заключение соглашения с МТС глава компании Ericsson в Европе и Латинской Америке Арун Банзал [3].

В чем разница 5G и 4G, рассмотрим, как устроена сеть 5G, для начала разберём такие понятия как длина и частота волны. Длина волны обратно пропорционально частоте, то есть чем короче длина волны, тем больше частота. Известно, что высокая скорость передачи получается в результате модуляции волн высокой частоты; чем больше скорость, тем больше частота и тем короче длина волны.

В сетях третьего и четвертого поколения возникали проблемы с помехоустойчивостью. Межсимвольная интерференция является одной из разновидностей помех, она появляется в результате взаимодействия пакетов (символов) передаваемых данных, например, вследствие многолучевого распространения сигнала, вызванного переотражением волн. Решением данной проблемы стала разработка и внедрение OFDM — систем. Так сети LTE устойчиво работали на частотном диапазоне от 2500 до 2700 МГц (Рис. 1). Но в сетях пятого поколения диапазон радиочастот составляет от 6 ГГц до 300 ГГц (миллиметровый спектр радиоволн), этот диапазон получил название высокочастотный диапазон миллиметрового спектра радиоволн.

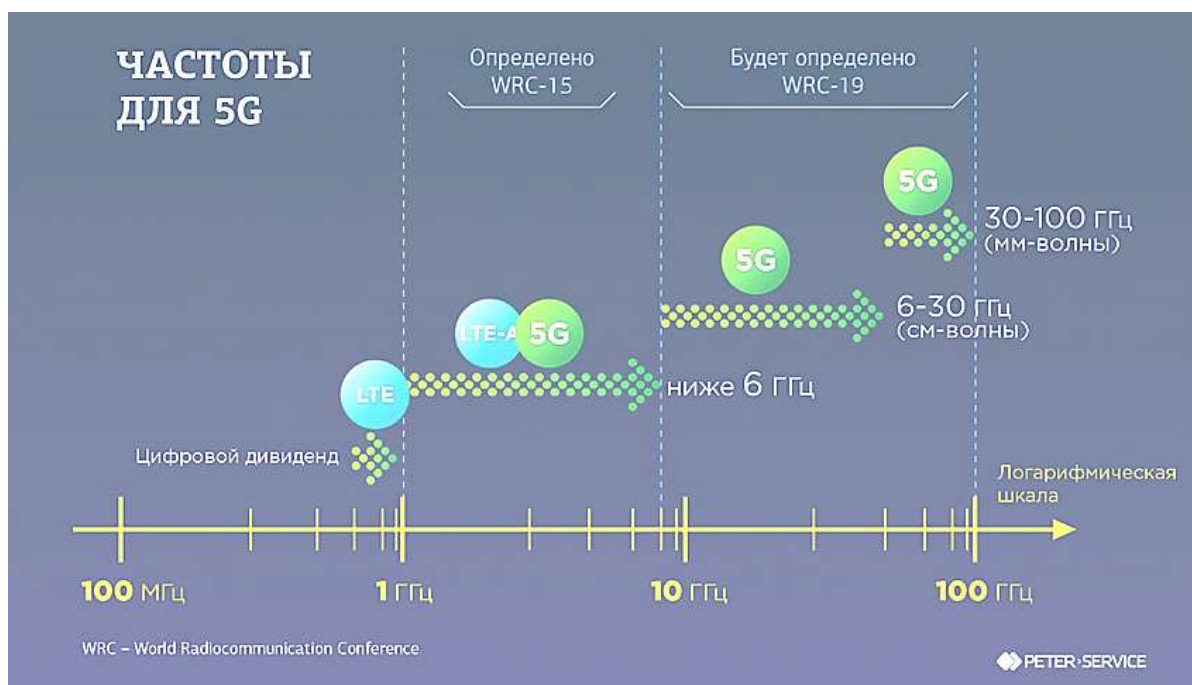


Рис. 1. Радиочастотный диапазон в NGN

Миллиметровый спектр радиоволн передает большой объем данных на высоких скоростях, но он не охватывает низкочастотный диапазон радиоволн, на которых работают сети LTE и плохо проходит через препятствия стен

зданий и других сооружений. Как следствие этого зона покрытия базовой станции в сетях 5G будет уменьшаться по мере роста используемой частоты. А это значит, понадобится больше базовых станций, чтобы получить тот же

охват что и для сети LTE. К примеру, в Нью — Йорке 1251 базовая станция и для устойчивого покрытия 5G понадобится ещё 635639 станций, то есть увеличить более чем в 500 раз [по данным UBS Evidence Lab]. Затраты будут колоссальные, при этом нужно отметить, что обычный пользователь, который пользуется мобильным интернетом и просмотром фильмов особой разницы не заметит.

Инженерные решения при разработке оборудования для 5G были связаны с темой оборудования, которое должно быть внедрено в сети пятого поколения. Нужно отметить, что компания Intel и Qualcomm активно ведут разработки электронных приборов усиливающих сигнал миллиметровых радиоволн. Так, например компания Intel разработала платформу *Intel 5G Mobile Trial Platform*, предназначенную для обеспечения гибкости и мощности в обработке данных, удовлетворяющих требованиям стандарта 5G.

Данное устройство состоит из трёх подсистем:

- Процессор базового сигнала, работающий от Altera Arria 10 FPGA, который позволяет быстро обновлять обрабатывающие слои тестовой платформы 5G и гибко отслеживать разработку технологии 5G-интерфейса;
- Расширенный радиочастотный блок, поддерживающий работу в полосах частот 6 ГГц, сантиметровых и миллиметровых волн, а также возможности MIMO с двумя потоками или четырьмя потоками;
- Стек протокола связи на базе процессора Intel® Core™ i7.

Оптимальная архитектура платформ этих подсистем позволяют осуществлять:

- Использование в различных конфигурациях и геозонах, включая идентифицированные полосы операций и расширяемую архитектуру для других диапазонов;
- Массивную пропускную способность данных в диапазоне от 100 до 800 МГц;
- Поддержку формирования луча и фазового массива на частотах сантиметровых и миллиметровых волн;
- Поддержку широкополосной многопоточной работы на частотах до 6 ГГц;

Литература:

1. Семенов, О. Ю. Взаимодействие систем сигнализации R1.5 и R2 в сетях связи / XXII Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований». — Вестник современных исследований. — 2018, № 4–2 (19), с 299–304.
2. Семенов, О. Ю. Подключение абонентов ТфОП к сети IP в рамках концепции NGN / Шафикова А. Ф., Семенов О. Ю. // IV Всероссийской конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века», СурГУ, 29–30 ноября 2017 г.
3. <https://www.ericsson.com/en/about-us/corporate-governance/management/arun-bansal>
4. <https://newsroom.intel.com/tag/intel-5g-mobile-trial-platform/>

- Мультигигабитную симметричную скорость загрузки;
- Поддержку передачи данных через IEEE 802.11 Wi-Fi и WiGig;
- Сетевой дизайн для услуг сверхнизкой задержки и сверхплотная массивная технология MIMO, а также поддержка одноплатформенных и многоплатформенных режимов;
- Расширение существующих инвестиций LTE посредством поддержки LTE-5G с двумя подключениями.

Платформа 5G Mobile Trial, не единственная разработка Intel по продвижению 5G. Об успехах в этой области заявили и в компании Qualcomm Technologies, China Mobile и ZTE. Их сотрудникам удалось разработать сквозную систему тестирования на совместимость передачи данных 5G New Radio (NR), основанную на быстро развивающемся стандарте 3GPP R15. Разработанная инженерами система включает в себя систему-прототип Qualcomm 5G ZR sub-6 GHz UE и предсерийный образец базовой станции ZTE 5G NR. Такая конфигурация оборудования позволяет передавать данные на пиковой скорости в несколько гигабит в секунду и при значительно более низких задержках по сравнению с 4G-оборудованием. Таким образом, успешно продемонстрировав рабочую IoT-систему, компания Qualcomm может теперь сфокусироваться на масштабировании и дальнейшем развитии аппаратной части 5G-систем [4].

Проанализировав успехи данных разработчиков, нужно отметить, что разработки по созданию и внедрению сетей следующего поколения ведутся и результаты есть. Были разработаны и модернизированы технологии передачи данных на высоких частотах радиоволнового спектра, есть перспективы использование частот выше 6 ГГц. Дальнейшее развитие сетей пятого поколения должно быть направленно на информатизацию инфраструктуры и общества. Должны быть привлечены новые участники, которые смогут направить данную технологию на различные сферы общества такие как, медицина, образование, автотранспорт, цифровая экономика, строительство, производство и добыча сырья.

OFDM-сигналы в телекоммуникационных системах беспроводной передачи данных

Семенов Олег Юрьевич, кандидат физико-математических наук, преподаватель высшей категории;
Чаппаров Фарид Хамзаевич, студент магистратуры;
Трофимова Мария Александровна, студент магистратуры;
Шаркова Наталья Андреевна, студент магистратуры;
Гамидов Фарид Максимович, студент магистратуры;
Сафроненко Светлана Анфисовна, студент магистратуры
Сургутский государственный университет

В данной работе рассматривается текущее состояние ряда протоколов беспроводной связи, даётся оценка перспективам их применения и предлагаются варианты актуальных направлений исследований по обеспечению защиты информации в беспроводных сетях.

Ключевые слова: OFDM-сигналы, пилот-сигналы, проектирование NGN, технологии MIMO, каналы с многолучевым распространением сигнала.

На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили беспроводные сети — сети радиосвязи. Это связано с удобством их использования, экономичностью и приемлемой пропускной способностью. Исходя из текущей динамики развития инфокоммуникационных систем, следует, что по количеству и распространенности беспроводные сети в скором времени превзойдут проводные сети. Эта динамика непосредственным образом влияет на требования к защите информации в беспроводных сетях.

Одним из наиболее перспективных методов построения надежных и высокоскоростных систем связи является использование сигналов OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing — ортогональное частотное разделение подканалов). Сигналы OFDM широко используются при передаче данных в условиях многолучевого распространения, это позволяет решить проблемы межсимвольной интерференции (МСИ) и частотно-селективных замираний (ЧСЗ). При этом эффективно используется выделенная полоса частот канала и сохраняется высокая скорость передачи информации. Для обеспечения высокой эффективности передачи в первую очередь требуется обнаружить сигнал сигналы OFDM [1–5].

Для разработчиков цифровых телевизионных систем, а также специалистов в области цифровых систем синхронизации и систем передачи информации. Особенностью OFDM-систем является применение БПФ, что позволяет разбить данные на множество независимых потоков, передаваемых параллельно по большому числу ортогональных. Во временной области поток данных делится на отрезки некоторой длины (OFDM-символы), содержащие в качестве префикса специальный защитный интервал. Из определенного числа OFDM-символов формируются кадры, которые, в свою очередь, образуют суперкадры. Помимо информационных данных в символах передаются служебные данные о режиме работы, а также заранее известные на приемной стороне — пилот-сигналы. Они служат для оценки качества канала передачи и синхронизации приемопередающего оборудования. Значения параметров в этих ячейках, тщательно выбираются в целях оптимизации характеристик

системы, особенно синхронизации и надежности приёма сигнала [1–5].

Применение в составе OFDM-сигнала большого набора поднесущих частот определяет такие его свойства, как высокая потенциальная помехоустойчивость, эффективность использования частотного спектра, простота реализации технических решений методами цифровой обработки. Влияние многолучевого распространения сигнала учитывается при обработке путем введения защитного интервала, длительности которого больше, чем предполагаемое запаздывание копий сигнала.

На протяжении защитного интервала сигнал продолжается, повторяясь во времени, поэтому операцию введения защитного интервала часто называют образованием циклического префикса. Этот интервал позволяет исключить искажения сигнала, вызванные многолучевым распространением в канале связи, т. е. устранить влияние запаздывающих копий предыдущего символа на обработку текущего информационного символа. Чтобы надлежащим образом осуществить демодуляцию сигнала, приемные устройства должны произвести его выборку во время полезного периода символа. Помехоустойчивое кодирование введено в систему для устранения влияния частотных селективных замираний в радиоканале, в результате чего отношение сигнал/шум на разных несущих различается. Природа таких замираний связана с интерференцией сигналов прямого и отраженного лучей на одной и той же несущей частоте. При нарушении временной и частотной синхронизаций снижается качество изображения и звука, воспроизводимого телевизионной системой. В связи с этим необходимо проанализировать и скорректировать принятый сигнал. Для демодуляции OFDM-сигнала с минимальным числом ошибок приемные устройства должны выделить полезные части OFDM-символов без защитных интервалов, а также настроиться на несущую частоту спектра, поэтому необходима синхронизация в работе передатчика и приемника. И для этой цели используются пилот-сигналы, именуемые иногда «пилотами» [1–5].

Одной из первостепенных задач OFDM-системы является повышение эффективности использования OFDM-сигнала в системах радиосвязи и радиовещания

на основе разработки и исследования алгоритмов оценки и восстановления параметров. Многие вопросы исследуются разработчиками для повышения рабочих характеристик алгоритмов и их аппаратной реализации. Самые сложные и неоднозначные с научной точки зрения алгоритмы в OFDM-системах связаны с синхронизацией. При алгоритмическом подходе к решению задачи синхронизации приемопередающих систем используют защитный интервал и пилот-сигналы.

Основные практические алгоритмы синхронизации цифровых телевизионных систем построены интуитивно, недостаточно исследованы условия их применения, не учтено влияние канала передачи. Многие теоретические алгоритмы не имеют прикладного значения, так как их реализация требует знания неизвестных статистических характеристик. Комплекс нерешенных проблем составляет задачу для исследования и построения высокоточной системы синхронизации. Во многих работах по изучению OFDM сигналов в телекоммуникационных системах приведено решение основной и наиболее актуальной научно-технической проблемы цифрового вещания — разработки рациональной структуры схемы синхронизации, имеющей прикладное значение и универсальной по условиям применения.

Одним из наиболее эффективных способов передачи информации в каналах с многолучевым распространением сигналов (например, коротковолновом (КВ) канале) является использование OFDM-систем. Применение в системах передачи цифровой информации сигналов OFDM позволяет решить проблему межсимвольной интерференции (МСИ) за счет разделения высокоскоростного потока данных на несколько десятков (сотен, тысяч) низкоскоростных потоков и введения циклического префикса. Величина частотного интервала между поднесущими Δf выбирается минимальной и равной частоте $1/T$. Наличие многих несущих с минимальным частотным разносом приводит к тому, что форма спектра результирующего сигнала становится близкой к прямоугольной. Таким образом, эффективно используется выделенная полоса частот канала и сохраняется высокая скорость передачи полезной информации [1–5].

Развитие технологий мобильных устройств, беспроводных локальных сетей (WLAN) и стремительный рост

Интернет вызывают всё возрастающую потребность в увеличении ёмкости мобильных сетей. Возникает потребность во всё большей интеграции сотовых сетей с сетями передачи данных, например GPRS в GSM сетях, а также сети 3G и 4G. Однако существующие технологии не могут удовлетворить новых потребностей по ёмкости сети, скорости передачи и стоимости услуг. OFDM — ортогональное частотное мультиплексирование — это схема модуляции, которая позволяет быстро и эффективно передавать данные даже в каналах с многолучевым распространением сигнала. Передача ведется одновременно на большом количестве несущих частот. Эти несущие имеют небольшое разнесение по частоте и их спектры образуют групповой спектр OFDM сигнала.

Использование технологий ортогонального частотного (OFDM) и пространственного (MIMO) разнесения в современных беспроводных системах связи широкополосного доступа позволяет достичь увеличения информационной эффективности в условиях многолучевого распространения сигнала и, как следствие, повысить помехоустойчивость рассматриваемых систем. При этом значительное влияние на эффективность помехоустойчивого приема в условиях частотной и временной избирательности каналов оказывает точность фазовой синхронизации и оценивания канальных характеристик.

Существующие подходы к моделированию сигнала и оцениванию его параметров имеют либо высокую вычислительную сложность, либо недостаточную точность для использования в MIMO-OFDM системах, характеризующимися высокой чувствительностью к ошибкам синхронизации и оценивания.

Математическая модель MIMO-OFDM сигнала, учитывающая частотную и временную избирательность канала связи и условие неполной синхронизации, установленной в приемнике, позволяет повысить точность оценивания коэффициентов передачи канала и смещения частоты несущей на приемной стороне. В результате сравнительного анализа представленных алгоритмов в многолучевых каналах были сделаны выводы о точности получаемых оценок смещения несущей частоты и о возможностях практического применения подобных методов в системах с OFDM.

Литература:

1. Блаунштейн, Н. Ш. Иерархия размещения фемто, пико, макросот в городской среде с плотным расположением абонентов, находящихся внутри и вне помещения // Информационно-управляющие системы. — № 4. — 2013.
2. Лемме, Д. В. Характеристики передачи сигналов OFDM в многолучевых каналах / Д. В. Лемме // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии № 2 (30) — 2015.
3. Семенов, О. Ю. Взаимодействие систем сигнализации R1.5 и R2 в сетях связи / XXII Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований». — Вестник современных исследований. — 2018, № 4–2 (19), с 299–304.
4. Семенов, О. Ю. Организация связи передачи данных в SCADA-системе с нижним уровнем в автоматизированной системе управления технологического процесса / Давлетов Р. Р., Семенов О. Ю. // IV Всероссийской конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века», СурГУ, 29–30 ноября 2017 г.
5. Rafael, M. F. OFDM System Implementation in DSP Platform TMS320C6678 / Rafael M. F., Taufik A. // Journal of Computer and Communications, 2016, 4, p. 26–36.

с возможностью установки большего числа модулей в силу более грузоподъемного и большого корпуса (габариты аппарата 29*20*13) и обилия точек опоры (колес).

В дальнейшем эта идея была реализована, старая плата из машинки была извлечена, на ее место встала наша Arduino Romeo 2.2, к ней был припаян блок питания на 4 аккумуляторные батареи, который крепился под днище машины посредством эластичного ремня и

изолянты. Поскольку о начальных технических характеристиках нам было не так много известно, для первых тестов на плату был записан самый простой алгоритм движения вперед, чтобы опытным путем установить реальные перспективы скорости движения нашего аппарата. Результатами этих запусков мы остались довольны, так как средняя скорость автомобиля составила уже 7,2 км/час (рисунок 3)



Рис. 3.

Далее необходимо было решить вопрос о количестве датномеров и их расположения. На основании их технических характеристик и спецификации (URM37) было

проанализировано, как устройство будет просматривать местность при различных вариантах расположения датчиков (рисунок 4):



Рис. 4.

Во-первых, решено, что для нашей не столь сложной первоначально задачи хватит двух датчиков (по количеству поворотных колес), а вот дальше возникла одна из первых неприятных особенностей. Дело в том, что угол

охвата датчиков невелик (всего 30 градусов), в связи с чем при параллельной установке их на корпус у аппарата возникают так называемые «мертвые зоны». Когда он движется параллельно, например, стене, есть веро-

ятность, что он будет об нее тереться, теряя скорость, а при худшем раскладе и вовсе упрется и может изменить направление движения на противоположное. Эту проблему можно решить путем установки еще пары датчиков по бокам, но это уже усложнит как конструкцию, так и алгоритм. Поэтому было придумано установить датчики под углом (примерно на градус поворота пе-

редних колес, что составило примерно 35 градусов), это дало нам какой-никакой боковой охват местности и возможность написания относительно легкого алгоритма движения, так как по большей части многие проблемы, с которыми мы бы могли столкнуться были решены конструктивно (рисунки 5, 6)



Рис. 5.

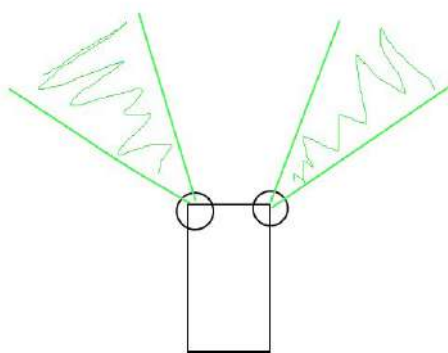


Рис. 6.

Но этого было недостаточно для решения нашей задачи. Нужен был новый алгоритм...

Первоначальной идеей был просто поворот по типу: «Вижу препятствие справа — подворачиваю налево и наоборот» Этот алгоритм оказался малоэффективен на высоких скоростях. Наш аппарат достигал препятствия быстрее, чем успевал подвернуть колеса. Поэтому был придуман новый алгоритм:

старый все еще продолжал работать + при приближении к препятствию максимально плотно и примерно нулевым показаниям датчика — робот совершал рывок длиной 2 секунды назад, с подворотом колес в сторону препятствия, а затем еще один рывок назад для того, чтобы случайно вновь не влететь (так как высокая скорость), после чего аппарат поворачивал в сторону более дальнего пеленга и продолжал движение вперед (рисунок 7):

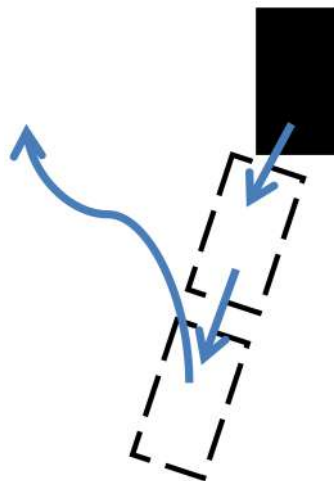


Рис. 7.

Скорость решено было оставлять максимальной на каждом этапе, чтобы не потерять ход.

Итог: нашему роботу удалось выполнить поставленную перед ним задачу за 31,18 секунд, что

стало лучшим результатом и позволило выиграть соревнования (рисунки 8,9)



Рис. 8.

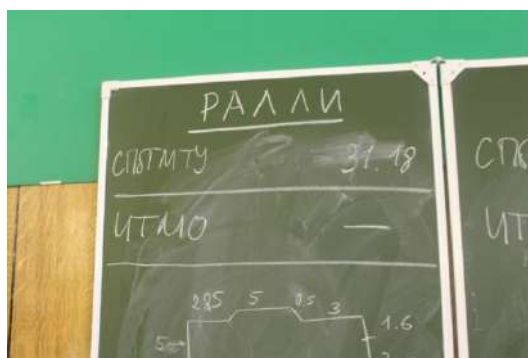


Рис. 9.

В ходе эксплуатации датчиков и реализации движения аппарата по коридорной местности эмпирическим путем была проанализирована работа ультразву-

ковых датчиков в целом, а также намечены дальнейшие пути развития аппарата (рисунок 10)



Рис. 10.

Достоинства ультразвуковых датчиков:

1. Высокая дальность приема до 5 метров, что при малых габаритах аппарата позволяет достигнуть весьма неплохих показателей скорости, так как наш робот может заранее начать поворот.
2. Ультразвуковой датчик является акустическим прибором, а, как известно, под водой один из основных способов локации именно акустика.
3. Компактность, что позволяет нам выбрать всевозможные способы посадки, что, в свою очередь, влечет разнообразие способов локации.
4. Относительно небольшой вес, что незначительно сказывается на ходовой части аппарата.
5. Доступность, они недорогие и их не так сложно достать.

Недостатки:

1. Низкий спектр обзора, всего 15 градусов в одну сторону, то есть общий охват 30 градусов одним датчиком.

Эту проблему можно решить путем увеличения количества самих датчиков.

Однако, этот же недостаток в какой-то степени является и достоинством, так как мы получаем довольно узкую характеристику направленности, что дает нам довольно точный пеленг до объекта.

2. Наличие «мертвой зоны» вблизи датчиков, примерно 4 см, что вытекает как раз из-за узкой характеристики

направленности, а это может повлечь за собой то, что мы просто не увидим перед собой какого-то препятствия, если это будет не сплошная стена.

Решается проблема путем сужения расстояния между приемниками, но тем самым теряется ширина обзора, то есть мы видим вблизи хорошо, но узко.

3. Так как характеристика направленности наших датчиков круговая, то наличие множества мелких объектов выводится как одно большое препятствие, что полностью исключает возможность правильной ориентации в условиях мелкой растительности, в грунте и прочих местах с большим количеством мелких объектов.

4. Герметичность, отправлять робота под воду с датчиками без гидроизоляции чревато их потерей. Для решения этой проблемы используются звукопроницающая обработка специальными гидроизолирующими материалами, незначительно влияющими на звукопроводимость.

В дальнейшем помимо дальномеров, если мы хотим решать более серьезные задачи, такие как навигация, необходимо устанавливать большее количество блоков, необходимых для решения подобных задач. Например, для более точной навигации в пространстве, есть смысл в установке гироскопа, магнитометра и акселерометра (рисунок 11)



Рис. 11.

Представьте, мы один раз определяем его положением в пространстве (курс, крен и дифферент) по средствам магнитометра, а затем на основе изменений параметров гироскопа (угловых скоростей), мы можем определять ориентацию нашего аппарата относительно первого измерения. А акселерометр, в свою очередь, позволяет нам определять положение. Самым же разумным решением видится внедрение блока GPS, который определял бы начальное положение робота в пространстве, затем на основе показаний акселерометра находить изменения относительно начального положения.

Для того, чтобы робот мог решать какие-то более глобальные навигационные задачи, конечно, хорошо

было иметь помимо робота более мощную вычислительную машину с обратным каналом связи на робота. Создать некую информационно-управляющую систему с распределением обязанности в зависимости от вычислительных мощностей. Так, например, сам робот будет отвечать за съем данных с датчиков и передачу данных на более мощную вычислительную машину, которая на основе полученных данных будет решать задачи навигации и на основе результатов формировать команды управления, которые робот в свою очередь должен будет выполнить. (рисунок 12)

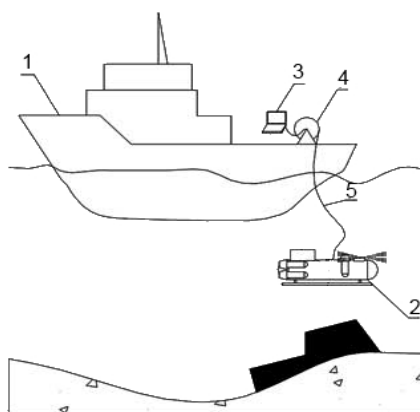


Рис. 12. 1 – Обслуживающее судно; 2 – ТНПА; 3 – Пульт управления, устройство вывода информации, устройство записи; 4 – Катушка с кабелем; 5 – Кабель-трос.

Благодаря распределению обязанностей система может эффективно решать задачи навигации без проблемы перегрузок.

Конечно, одной из главных проблем, которые возникают в данном алгоритме, является проблема передачи... Наиболее эффективным решением является использование проводной передачи.

Помимо проведения всех вышеуказанных мероприятий для того, чтобы наш робот мог выполнять по-

ставленные задачи под водой, необходимо будет учесть новые реалии и условия, в которые попадет наш аппарат, такие как:

- количество степеней свободы движения,
- плотность и состав окружающей среды,
- модель движения робота (расположение движителей, их количество, габариты, направление),
- флору и фауну среды,
- и т. д.

Литература:

1. URM37 V3.2 Ultrasonic Sensor Specification;
2. Arduino Romeo 2.2 Specification;
3. Белов Б. П. Проектирование информационно-управляющих систем подводной робототехники. — Санкт-Петербург, СПбГМТУ, 2008
4. Кузнецов М. И. Основы электротехники — Москва: Высшая школа, 1970
5. Официальный сайт Arduino (<https://www.arduino.cc/index.php>);
6. Регламент робототехнических соревнований по дисциплине «Ралли»;
7. Чемоданов М. Н. Технология АМУ.

ЭНЕРГЕТИКА

Перспективы использования малооборотных главных двигателей на больших стандартных СПГ-танкерах

Голубев Роман Олегович, магистрант

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В статье рассматриваются технические задачи, решаемые при оснащении больших стандартных СПГ-танкеров малооборотными двухтопливными главными двигателями. Определяются их преимущества в сравнении с классическими энергетическими установками с электродвижением. Исследуются основные факторы, ограничивающие применение рассматриваемого типа двигателей на судах класса. Делается прогноз по возможному улучшению ходовых характеристик больших стандартных газовозов, при их оснащении малооборотными двухтопливными главными двигателями.

Описание объекта

Большие стандартные СПГ-танкеры (англ. large conventional LNG carrier) — наряду с малыми стандартными, являются наиболее широко применяемым классом газовозов для морской транспортировки СПГ на дальние дистанции. К этому классу относятся СПГ-танкеры с геометрическим объемом грузовых танков 150–180 тыс. м³ и скоростью хода 17–20 уз [1, с. 8].

С момента появления на рынке среднеоборотных двухтопливных (газодизельных) двигателей внутреннего сгорания, ими оснащается преобладающее большинство газовозов этого класса. Тем не менее, если для малых стандартных газовозов оснащение судовой энергетической установки (СЭУ) этим типом ГД — оптимальное техническое решение, то для больших стандартных газовозов оно, скорее, вынужденное. В первую очередь, имеется в виду то, что малые стандартные газовозы имеют достаточно ограниченное пространство машинно-котельного отделения (МКО) и для них среднеоборотные двухтопливные ГД с электрической главной передачей мощности — это тип двигателей, с одной стороны, обеспечивающий эффективную утилизацию выпара перевозимого груза, а, с другой стороны, имеющий приемлемую экономичность и обеспечивающий высокие ходовые характеристики. Большие стандартные газовозы, как правило, располагают значительно большими объемами МКО, которые долгое время не удавалось рационально использовать, поскольку на рынке отсутствовали двухтопливные малооборотные ГД, способные обеспечить СЭУ наивысшую энергетическую эффективность.

Главное преимущество СЭУ со среднеоборотными ГД и главной электрической передачей мощности — это отсутствие механической связи между ГД и движителями судна. Эта особенность позволяет обеспечить независимость числа двигателей от числа движителей, а также располагать ГД и гребные электродвигатели в МКО в несколько ярусов. Экономичность для таких СЭУ отходит на второй план. Например, удельный расход энергии СЭУ такого типа составляет порядка 7740 кДж/кВт·ч [2, с. 21–39]. Чаще всего в таких СЭУ применяются двигатели фирмы Wärtsilä, модели 50DF. Это двухтопливные среднеоборотные двигатели, работающие по циклу Отто.

С другой стороны, с появлением первых двухтопливных малооборотных ГД, мгновенно был поставлен вопрос о пересмотре концепции СЭУ больших стандартных СПГ-танкеров. Малооборотные ГД приводят движители напрямую — механически. Специфика газовозов как класса судов вынуждает эти ГД располагать побортно, т. е. если газовоз оснащается малооборотными ГД, то их в МКО должно быть два. Такая схема СЭУ требует значительного запаса ширины МКО, который, как раз-таки, долгое время оставался слабо востребованным на рассматриваемом классе судов. Оснащение СЭУ малооборотными ГД обеспечивает ей максимальную энергетическую эффективность. Например, удельный расход энергии малооборотными двухтопливными ГД фирмы MAN Diesel & Turbo составляет порядка 7010 кДж/кВт·ч [3, с. 5], а двигателями Winterthur Gas & Diesel — 5790 кДж/кВт·ч [4, с. 16–32]. То есть преимущество малооборотных ГД по экономическим показателям очевидно. Между собой малооборотные ГД значительно различаются по энергетической эффективности в силу особенностей организации термодинамических процессов в цилиндрах. Например, двигатели фирмы MAN D&T работают по циклу Тринклера, а Win GD — по циклу Отто.

В статье рассматривается влияние малооборотных двухтопливных ГД на экономичность и экологичность СЭУ, а также анализируются возможности по расположению таких ГД в МКО газовоза конкретного проекта. Анализ производится на основании данных по техническим характеристикам газовозов, полученных проведением расчётов в системе автоматизированного проектирования, созданной для обобщения свойств судов типа различных проектов и классов.

Ограничения, накладываемые на СЭУ конструктивным коэффициентом энергетической эффективности (ККЭЭ)

ККЭЭ — это универсальная характеристика экономичности и экологичности (энергетической эффективности) судов различных типов. В соответствии с Приложением 5 МАРПОЛ 73/78 [5, с. 5], для газовозов, в общем виде, ККЭЭ определяется по формуле:

$$\text{ККЭЭ} = \frac{C_{\text{ГД}} \cdot f_j \cdot N_{\text{ref}} \cdot g_{\text{ГД}} + C_{\text{ген}} N_{\text{СЭС}} g_{\text{ген}}}{f_i \cdot DWT \cdot v_{\text{ref}}}, \quad (1)$$

где N_{ref} , $N_{\text{СЭС}}$ — соответственно, референтная мощность пропульсивной установки и мощность судовой электростанции;

v_{ref} — скорость, развиваемая на мощности N_{ref} ;

$g_{\text{ГД}}$, $g_{\text{ген}}$ — удельные расходы топлива главными и вспомогательными двигателями;

DWT — дедвейт судна;

$C_{\text{ГД}}$, $C_{\text{ген}}$ — удельная производительность двигателей по CO_2 ;

f_i , f_j — поправочные коэффициенты ледового класса судна (принимаются на класс Ice 3).

Энергетическая эффективность, рассчитанная по формуле 1, сравнивается со значением ККЭЭ на базовой линии. Для СПГ-танкеров, в соответствии с Приложением 6 МАРПОЛ 73/78 [6, с. 42–46], базовая линия определяется выражением:

$$\text{ККЭЭ}_{\text{max}} = 1120 DWT^{-0,456} \quad (2)$$

В статье значение ККЭЭ_{max} берётся с поправкой в 10 % на первом этапе (см. [6, с. 44]). Дедвейт СПГ-танкера (в тоннах) приближённо определяется как 50 % от его полной грузоподъемности (в м^3).

На рис. 1 приведены примеры изменения ККЭЭ для газовозов со среднеоборотными двухтопливными ГД, с различной скоростью хода (v_s) и грузоподъемностью (W).

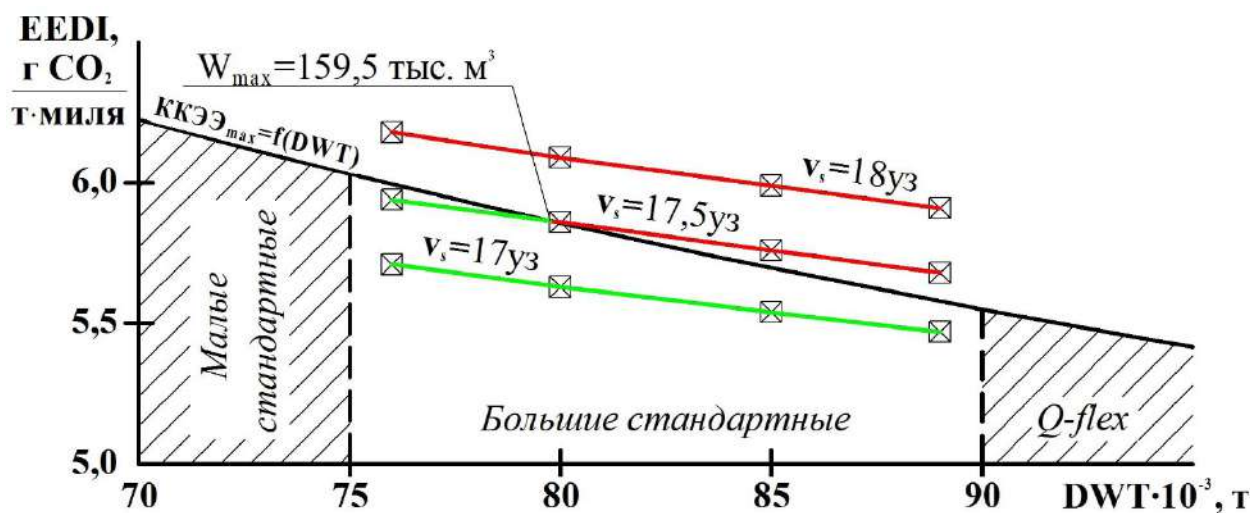


Рис. 1. График зависимости ККЭЭ газовоза от его скорости хода и дедвейта (СЭУ со среднеоборотными ГД)

Из рис. 1 следует, что, в соответствии с требованиями по ККЭЭ, при оснащении газовоза среднеоборотными ГД, на всём диапазоне грузоподъемности возможно обеспечить скорость хода лишь в 17 уз, а на первой трети диапазона — до 17,5 уз. Полученные характеристики определяются сравнительно малой экономичностью среднеоборотных ГД как таковых, а также относительно большой долей дизельного топлива в составе их топливной смеси (порядка 1 %), снижающей их экологичность.

Аналогичный график для СЭУ с малооборотными ГД приведён на рис. 2.

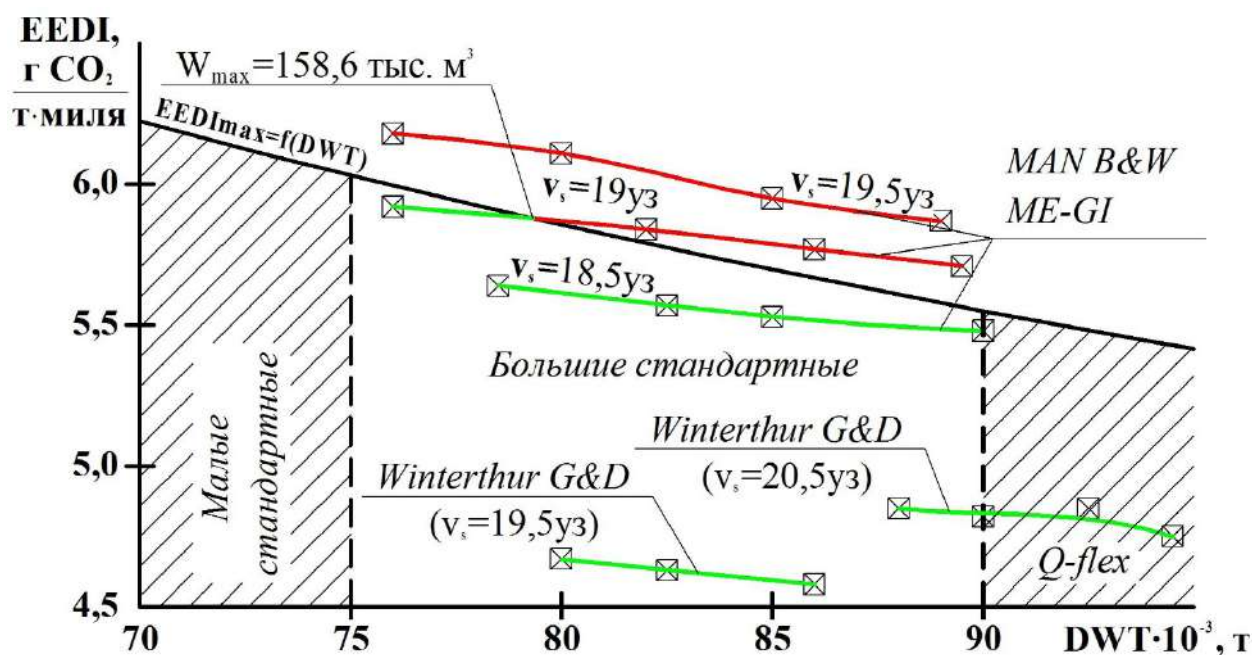


Рис. 2. График зависимости ККЭ газозова от его скорости хода и дедвейта (СЭУ с малооборотными ГД)

На рис. 2 расчётные точки соединены кривыми условно — в реальности ряд расчётных значений будет дискретен, а характеристики будут несколько изменяться в зависимости от конкретной модели малооборотного ГД. Дискретность объясняется жёсткой механической связью ГД с двигателями и, как следствие, более жёсткими требованиями к техническим характеристикам первых. Из рис. 2 видно, что на всём рассматриваемом диапазоне двигателями MAN B&W возможно обеспечить скорость хода в 18,5 уз, с возможностью её увеличения до 19 уз в первой трети. С другой стороны, на рассматриваемом диапазоне требование по ККЭ совершенно не является лимитирующим для высокоэнергоэффективных двигателей Win GD. Тем не менее, малооборотные двигатели этой фирмы для большого стандартного газозова подобрать значительно сложнее, ввиду слабой развитости типоразмерного ряда, проявляющейся в более явно выраженной дискретности характеристик, обеспечиваемых ГД.

Ограничения, накладываемые на СЭУ шириной МКО

Поскольку большие стандартные газозовы — это переходный класс газозовов, находящийся между малыми стандартными газозовами, комплектуемыми исключительно среднеоборотными ГД (либо паротурбинными установками), и супер газозовами классов Q-flex и Q-max, комплектуемыми малооборотными ГД, то для каждого нового проекта газозова рассматриваемого класса необходимо тщательно проверять возможность размещения в МКО малооборотных двигателей. В первом приближении, ширину МКО, требуемую для размещения двух малооборотных ГД, можно определить по формуле:

$$B_{\text{МКО}} = \frac{2N_e}{N_s \alpha_L L_{\text{ГД}}} = \frac{2N_e}{N_s \alpha_L [L_{\text{мц}}(z-1) + L_{\text{доп}}]}, \quad (3)$$

где N_e — номинальная эффективная мощность одного ГД;

N_s — энергонасыщенность МКО по площади (порядка 35 кВт/м²);

α_L — относительная длина МКО (отношение длины МКО к $L_{\text{ГД}}$ — порядка 4,4);

$L_{\text{ГД}}$ — длина ГД;

$L_{\text{мц}}$ — межцилиндровое расстояние ГД;

$L_{\text{доп}}$ — сумма расстояний от вертикальной оси крайнего носового цилиндра ГД до кожуха маховика и от оси крайнего кормового цилиндра до фланца отбора мощности;

z — число цилиндров одного ГД.

На рис. 3 приведён ряд зависимостей ширины МКО газозовов от проектной грузоподъемности.

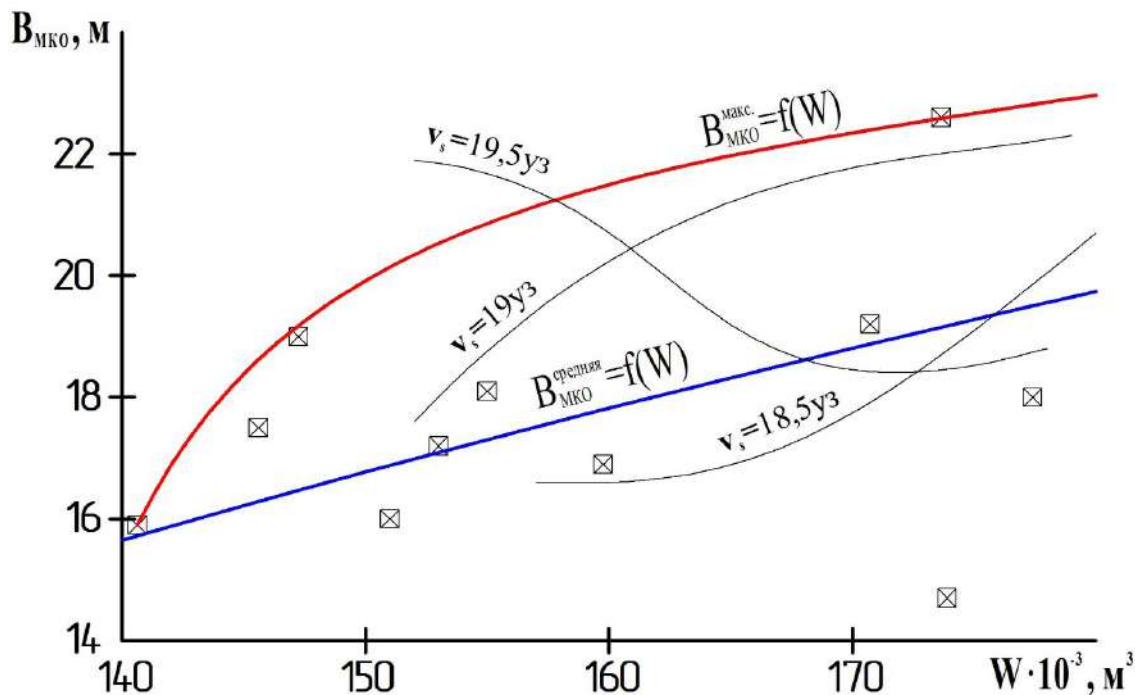


Рис. 3. Графики зависимостей вида $B_{MKO} = f(W)$

Точками показаны значения ширины МКО действительных проектов СПГ-танкеров. Синяя линия — эмпирическая кривая средних значений ширины МКО. Красная линия — аналогичная кривая предельных значений ширины МКО. Тонкими линиями показаны изменения ширины МКО в зависимости от обеспечиваемой эксплуатационной скорости хода (v_s) для СЭУ с ГД MAN D&T по рис. 2.

Последние зависимости разнонаправлены, поскольку, с изменением W изменяется не только N_e и число цилиндров (z), но и сама модель двигателя (т. е. $L_{мц}$ и $L_{доп}$), т. к. одновременно решаются задачи минимизации потребной ширины МКО и минимизации избыточной мощности ГД.

Из рис. 3 видно, что ширина МКО, необходимая для обеспечения v_s более 18,5 уз, стабильно выше средней, т. е., хотя, в ряде случаев, ввиду своей более высокой энергоэффективности, малооборотные ГД способны обеспечить большую скорость хода, по габаритным ограничениям, размещение таких ГД в МКО может оказаться невозможным.

Выводы по исследованию

1. Оснащение СЭУ больших стандартных газовозов малооборотными двухтопливными ГД обеспечивает значительный прирост их энергетической эффективности (при одинаковой скорости хода — на 10% и более).
2. Малооборотные ГД позволяют, в среднем, повысить эксплуатационную скорость хода больших стандартных газовозов на 1,5–2 уз.
3. Более значительному повышению скорости препятствуют как экологические ограничения, так и имеющиеся размеры МКО.
4. Наибольшую универсальность по диапазону технических характеристик, требуемых СПГ-танкерами данного класса, показывают ГД типоразмерного ряда фирмы MAN Diesel & Turbo.
5. Наибольшую энергетическую эффективность газовозам рассмотренного класса обеспечивают малооборотные ГД фирмы Winterthur Gas & Diesel.

Литература:

1. Propulsion trends in LNG carriers, MAN Diesel & Turbo, Copenhagen, 2013.
2. WÄRTSILÄ 50DF Product Guide, Wärtsilä, Marine solutions, Vaasa, November 2016.
3. Dual-fuel, low-speed engine, MAN B&W ME-GI, Copenhagen, 2016.
4. Low-speed Engines 2017, Win GD, 2017.
5. MARPOL 73/78 ANNEX 5, RESOLUTION MEPC. 245 (66), Guidelines on the method of calculation of the attained EEDI for new ships, 2014.
6. МАРПОЛ 73/78 Приложение 6 (пересмотренное), Резолюция MEPC. 203 (62), 2014.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Research and improvement of laser interferometric system in the field of non-contact measurements of reference rings

Andrew Mosckalev, senior researcher

D.I. Mendeleyev Institute for Metrology «VNIIM» (St. Petersburg, Russia)

Ardi Rahman, researcher

Research center for Metrology – LIPI (South Tangerang, Indonesia)

The general issues in the field of measurements of internal dimensions are represented. The laser interferometric system with non-contact probe placed in service at VNIIM for high-accurate measurements of reference rings is described. The results of theoretical research of the components of uncertainty of measurements, as well as the possible ways for their minimization, are given.

Keywords: metrology, reference rings, setting rings, unit of length, standards, laser interferometer.

Introduction

Measurement of internal dimensions and especially internal diameter of cylinder gauges is the topical issue of modern metrology. Cylinder gauges (setting rings and reference rings) are widely used for calibration and verification of measuring instruments such as bore gauges or high-precision horizontal comparators.

The level of accuracy in measurements of any kind of gauges and standards gets higher in response to increasing demands of modern industry and science. As it concerns to reference rings, it's necessary to say that the internal diameter gauges were included as the first echelon standards into the latest edition of the Russian national traceability chain published in 2011 [1]. The highest accuracy level for this type of standards was the second in the previous version of the document [2]. The extract from the current traceability chain is given on the figure 1. According to the new document the unit of length — meter has to be transferred from the reference standard to the secondary standard, then to internal diameter gauges (rings) of the first echelon and then down the chain. Direct measurements should be performed in all cases. The secondary standard used in this part of the chain (shaded box on the fig. 1) is the laser interferometric system developed by VNIIM and designed for internal measurements. The set will be described in details in the following part of the article. Note that this system was added into the chain as well as the rings of the first echelon due to demands from industry mentioned above.

Laser interferometric system for internal measurements

The system used in VNIIM for measurements of internal dimensions consists of a horizontal comparator and a laser interferometer. The main feature of the system is the optical probe (also called «periflectometer» in some sources) for non-contact pointing at the gauge surface. Using the tactile probe for the same purpose, obviously, causes contact deformation, which may affect the results, and the measuring range limitation depending on the probe size.

The general concept of the optical probe is given on the figure 2.

The functional idea is the following [3]. The light from the source S propagates through the aperture and then the objective lens O_1 forms the primary image S_1 as the light mark. The image S_1' is the reflection of the S_1 from the gauge surface. The lens O_2 focuses both images on the plane F . There the image S_2 has the same shape as the aperture S , and the image S_2' has the shape of the reflected gauge surface (a segment of circle in case of internal diameter measurement). When the gauge surface takes position of S_1 , the image S_2 will be replaced by the image S_2' .

This means that the one side of the gauge surface is acquired. To find this position more precise the photo detector mounted in the image plane F is used to transform the reflected images into electrical signal. When both light marks S_2 and S_2' are aligned in one point the detector gives the zero readout.

Then the gauge should be moved to perform the same procedure on the opposite side of the gauge surface. The

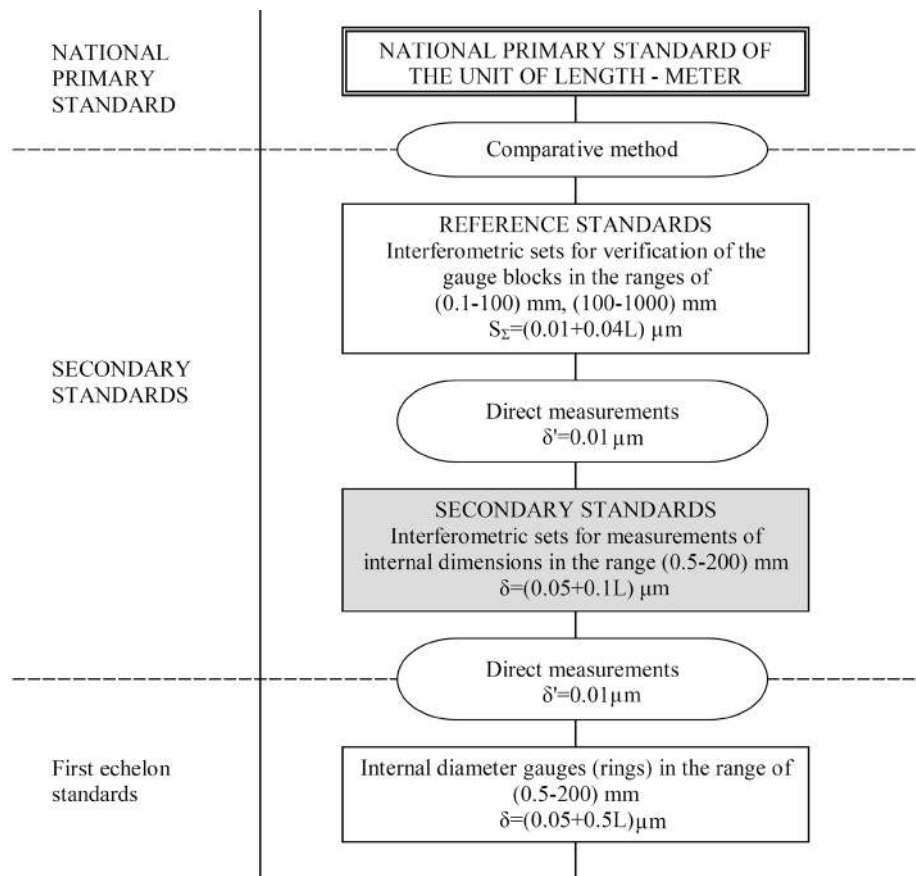


Figure 1. The extract from the national traceability chain: S_x – standard deviation of combined inaccuracy of measurement; δ – absolute error of measurement with the level of confidence 0.99; δ' – absolute error of the measuring method; L – length in meters

distance between two points (D) is measured by laser interferometer.

The general setup of the measuring system in combination with the optical probe is given on the figure 3. The ring (1) is placed and fixed on the movable table on the axis of the optical probe. The light mark from the source (2) reflects from the gauge surface and the image produced is captured by the detector (3). The measuring system consists of a stabilized He-Ne laser (5) with the wavelength $\lambda = 633$ nm which movable reflector (4) is attached to the table. So the horizontal displacement of the table gives the distance between two points on the opposite sides of the gauge surface, that is an equivalent of the internal diameter.

The setup has some more parts not mentioned on the figure 3, such as electronic counters and digital devices for interference pattern processing, temperature stabilization system etc.

Research of the uncertainty of measurements

The mathematical model of internal diameter measurements can be represented as

$$d = N \times \lambda / 2n + \Delta t_m \times \alpha \times D + \Delta_p + \Delta_i \quad (1)$$

where d – diameter of the gauge at the temperature of 20 °C in mm;

N – interferometer readout;

λ – wavelength of the laser source, mm;

n – air refractive index;

$\Delta t_m = (20 - t_m)$ – deviation of the gauge temperature t_m from normal, °C;

α – thermal expansion coefficient of the gauge material, K^{-1} ;

D – nominal diameter of the ring, mm;

Δ_p – correction depending on the uncertainty of the optical probe performance, mm;

Δ_i – correction depending on the instrumental error of interferometer system, mm.

This model gives the following result of the expanded uncertainty of measurements with the coverage factor $k=2$ [4]:

$$U(D) = \sqrt{0.1^2 + 0.92^2 \times D^2}, \mu m. \quad (2)$$

This was represented by VNIIM as the results of international comparisons of internal diameter gauges in the COOMET project 181/RU/99. The formula was corrected after further research and then published in the BIPM CMC database as given (updated on December 28th 2012):

$$U(D) = \sqrt{0.1^2 + 0.016^2 \times D^2}, \mu m. \quad (3)$$

At the other hand, increasing demands from industry require higher precision of measurements at every level. In 2013 the first echelon standard of the unit of length based on the high-accurate horizontal instrument was placed in

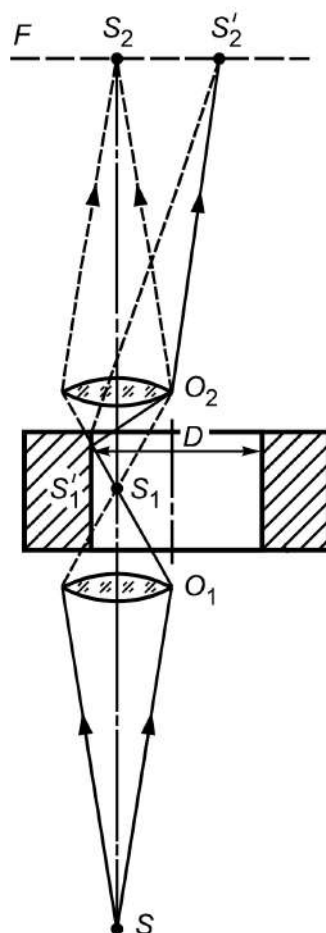


Figure 2. Optical probe: S – light source aperture; S_1 – primary image of the light mark; S_2 – secondary image of the light mark; O_1, O_2 – objective lenses; F – image plane

optical probe

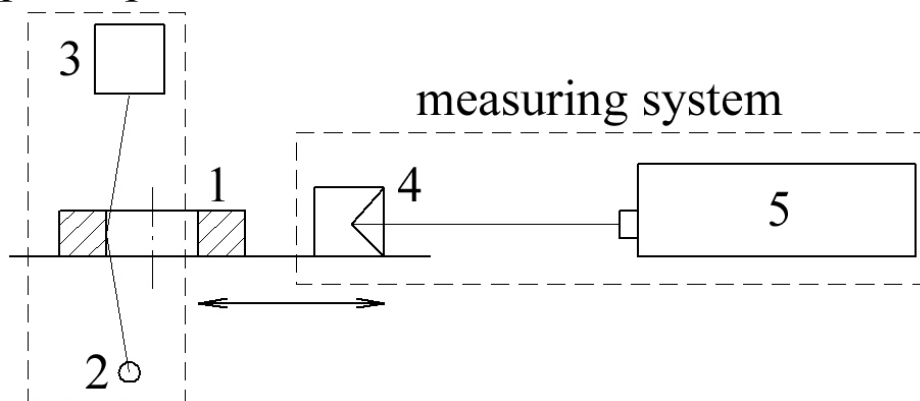


Figure 3. Measuring setup: 1 – measuring item; 2 – light source of the optical probe; 3 – photo detector of the optical probe; 4 – movable reflector of the measuring system; 5 – laser

service at VNIIM. The general application domain of this instrument is measurements of gauge blocks, reference rings and plugs, thread gauges. The higher precision achieved with the expanded uncertainty of measurements of gauge blocks is less than 20 nm [5]. The unit of length can be transferred to this standard both from the laser measuring system of the National primary standard and from the Secondary standard by measuring of the reference ring. That's why we need the Secondary standard to be more accurate.

There are several ways to minimize some of the uncertainty components given above. The first one that seems to be the most obvious is to upgrade the measuring system with the new commercially available laser with resolution less than 10 nm. This will reduce the readout

error component, which is highly depends on this parameter. The second one to be minimized is instrumental error of the system. In fact it means the measurement error caused by the angle between laser interferometer beam and the axis of the table displacement. The angle value taken into calculation in ref. 4 is not less than 3' and it's limited by the interferometer design aspects. However, the modern laser set with more flexible adjustment system in combination with the research of instrumental error using autocollimator for table displacement alignment can reduce the angle value mentioned to $\Omega=1.5'$.

Using these values, as well as the latest optical probe research results for the uncertainty of the light mark positioning, we represent all the components in the table 1.

Table 1. Uncertainty budget

Input quantity x_i	Standard deviation $u(x_i)$	Sensitivity coefficient $c_i = \partial d / \partial x_i$	Standard uncertainty $u_i(d)$, μm
N	$10 \times 10^{-7} \text{ m}$	$\sqrt{2}$	0.014
Δ_p	$1.5 \times 10^{-8} \text{ m}$	$\sqrt{2}$	0.021
λ	$3 \times 10^{-8} \text{ m}$	D	$0.03 \times 10^{-3} \times D$
n	$1.8 \times 10^{-7} \text{ m}$	D	$0.18 \times 10^{-3} \times D$
$\Delta_i (\Omega=1.5')$	$0.2 \times 10^{-6} \text{ m}$	D	$0.2 \times 10^{-3} \times D$
$\Delta t_m (\alpha=11 \times 10^{-6} \times \text{K}^{-1})$	0.01 K	$\alpha \times D$	$0.12 \times 10^{-3} \times D$
α	$0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$\Delta t_m \times D$	$0.005 \times 10^{-3} \times D$

Calculation of the expanded uncertainty with the coverage factor $k=2$ according to the GUM [6] gives the following result:

$$U(D) = \sqrt{0.05^2 + 0.60^2 \times D^2}, \mu\text{m}. \quad (4)$$

The accuracy performance of the laser interferometric set by VNIIM expected according the formula 4 is shown in figure 4 as well as the accuracy characteristics specified in the traceability chain.

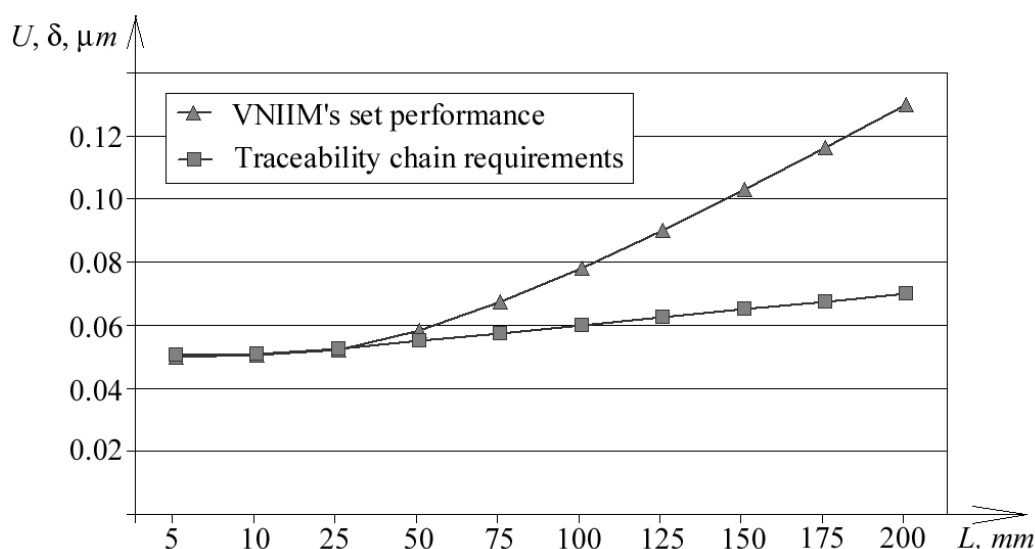


Figure 4. Expected performance of the measuring set by VNIIM compared to the traceability chain accuracy requirements

The uncertainty is given as function of measuring length (or diameter in case of measurement of reference rings). The range from 5 to 25 is scaled to fit the axis steps in the

graph. As we see, both lines are nearly identical in the range up to 50 mm. The uncertainty of measurements is obviously highly affected by the components depending on

the measuring diameter, so reduction of these components should be the topic of further research.

Conclusion

Here we declared the general setup of the laser interferometric system made by VNIIM for internal measurements of reference rings as well as some methods applied for minimization of the uncertainty components.

Further steps will be taken to optimize the system to make its performance better. At first we will use the real-time thermal compensation system to have the clear view of temperature gradients in the volume of the measuring set. The system of 2 up to 6 thermal sensors with the special

software by «Trimos S.A.» is going to be used. The similar one is already launched successfully at the first echelon standard of the unit of length mentioned above [7]. Then we will replace the photo detector of the optical probe with the CCD camera and the software for digital image processing. At the same time the measuring table will be equipped with servo drives with the active feedback from the optical probe to make the system acquire diameter points automatically or by remote control. This will make the optical probe performance more accurate and also it will reduce human factor effects as well as the temperature deviations caused by human presence in the laboratory. The steps described will lead to the automation of the entire measurement procedure and the highest accuracy.

References:

1. GOST R 8.763–2011. State System for Ensuring Uniform Measurement. State verification schedule for measuring instruments in the range of length from $1 \cdot 10^{-9}$ to 50 m and wavelength in the range of 0.2 to 50 μm . Date of validity 13.12.2011. M.: Standardinform. — 2013. — 8 p.
2. MI 2060–90. State System for Ensuring Uniform Measurement. State verification schedule for measuring instruments in the range of length from $1 \cdot 10^{-9}$ to 50 m and wavelength in the range of 0.2 to 50 μm . Date of validity 01.01.1991. M.: Standards Publishing. — 1991. — 9 p.
3. F.T. Farago, M.A. Curtis. Handbook of Dimensional Measurement. NY. Industrial Press Inc. — 1994. — 580 p.
4. L.Yu. Abramova, V.M. Brzhezinskii, E.B. Bryukhovetskaya, V.S. Solov'ev, L.F. Khavinson. The COOMET Comparisons of the Standard Measures of Internal Diameters // Measurement Techniques. — Vol. 49. — № 1. — 2006. — P. 87–92.
5. Yu.G. Zakharenko, N.A. Kononova, A.A. Mosckalev. Measurements of the Geometric Parameters of Thread Gauges // Measurement Techniques. — Vol. 59, Issue 2. — 2016. — P. 137–141.
6. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. — 2008. — 134 p.
7. A. Mosckalev. High-accurate measurements of thread gages using the Labconcept NANO horizontal instrument // 24th National scientific symposium with international participation «Metrology and metrology assurance 2014». Proc. — Sozopol. — 2014. — P. 480–485.

СТРОИТЕЛЬСТВО

Шлакощелочные бетоны высокой прочности для водохозяйственного строительства

Ашрабова Мавжуда Аскарровна, старший преподаватель

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Узбекистан)

В Узбекистане запасы сырья, применяемые в качестве заполнителей для бетонов, ограничены. Для решения этой задачи необходимо применение высокоактивных веществ, что позволит эффективно утилизировать имеющиеся ресурсы. К ним относятся шлакощелочные вяжущие. Основным фактором, оказывающим значительное влияние на прочность шлакощелочного бетона, является вид щелочного компонента. Бетон на основе гравелита, подчиняется общим закономерностям, действующим при твердении шлакощелочного бетона. Со временем прочность бетона только увеличивается.

На основе гравелита и шлакощелочного вяжущего можно получить высокоэффективные конструкционные бетоны с однородной структурой, формирующиеся за счет создания жесткого каркаса путем образования прочных контактов при взаимодействии глинистых пылевидных и карбонатных компонентов гравелита со шлакощелочными вяжущими.

Ключевые слова: гидротехнический бетон, шлакощелочные вяжущие, гравелит, крупные заполнители, дроблённый бетон, цементный камень, расход шлак, структура бетона, прочностные характеристики, кинетика изменения, высокоактивные вещества.

Многолетний опыт научных исследований в области шлакощелочных бетонов и разработанные при этом способы модифицирования свойств вяжущих открыли возможность их использования не только в сельском хозяйстве, промышленном, дорожном, но и в водохозяйственном строительстве.

Получение материалов, отвечающих требованиям современного строительства, обеспечивается применением высокоактивных шлакощелочных композиций, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с портландцементными, делает их экономически выгодными при строительстве водохозяйственных сооружений из монолитного бетона на основе гравелита.

В настоящее время в Узбекистане запасы сырья, применяемые в качестве заполнителей для бетонов, ограничены. Для решения этой задачи необходимо применение высокоактивных веществ, которые позволяют эффективно утилизировать имеющиеся ресурсы. К ним относятся шлакощелочные вяжущие, которые активно взаимодействуют с заполнителями в виде гравелита различного минералогического состава.

Использование таких шлакощелочных вяжущих даёт возможность получать высокопрочные шлакощелочные бетоны не только на основе щебня и гравия, но и на низкопробных гравелитах. Такие бетоны могут применяться практически во всех областях водохозяйственного строительства.

Приготовление шлакощелочных бетонов на основе гравелита, а также производство работ осуществляется в соответствии с требованиями существующих нормативных документов.

Основными факторами, влияющими на прочность шлакощелочных бетонов (ШЩБ) является расход шлака, вид щелочного компонента. В качестве компонентов шлакощелочного вяжущего используются гравелит.

При проведении экспериментов изменяли расход шлака от 200 до 600 кг на 1 куб. м бетона. В результате было установлено, что с увеличением количества шлака, независимо от вида щелочного компонента, прочность бетона возрастает. При этом необходимо отметить, что увеличение расхода шлака более 500 кг/куб. м приводит к незначительному увеличению прочности [1]. Такая тенденция характерна для бетона на любом щелочном компоненте.

Полученные данные показывают, что кинетика изменения функции «прочность бетона — расход шлака» для образцов, которые были подвергнуты тепловлажностной обработке и твердевших в нормальных условиях примерно идентична. Необходимо отметить, что прочность увеличивается на 20—50 %.

Необходимым условием получения шлакощелочных бетонов высокой прочности является эффективное уплотнение смеси в процессе формирования изделий и конструкций. С целью научного обоснования и оптимизации параметров технологических операций были проведены

исследования реологических свойств и процесса вибрационного уплотнения шлакощелочных бетонных смесей.

Прочность бетона нормального твердения в возрасте 1 суток, при расходе шлака 430 кг/куб. м в зависимости от вида щелочного компонента составляют 6–12 Мпа, в возрасте 7 суток — 18–39 Мпа. Бетоны, подвергнутые тепловлажностной обработке, отличаются более замедленным ростом прочности во времени и в более позднем возрасте (180 суток). Прочность пропаренных образцов оказалась ниже прочности бетона аналогичного состава, твердевшего при нормальной температуре [2].

Таблица 1. Влияние вида щелочного компонента на прочность бетона

Щелочной компонент	Прочность ШЩБ на гравелите Мпа, в возрасте, суток			
	28	90	180	360
Сода	16,0	32,9	48,6	57,2
Содосульфатная смесь + П/Ц клинкер	18,6	39,7	53,8	61,7
Метасиликат натрия	32,9	54,8	69,9	87,0
Дисиликат натрия	37,6	60,1	70,4	90,7

Также имеют место существенные отличия в период твердения ШЩБ на гравелите. Так, на 28 суток прочность бетона на соде составляет 16 Мпа, а на 90 суток прочность увеличивается в два раза и продолжает интенсивно расти [3]. Это объясняется тем, что возникающие в процессе твердения соединения цеолитного характера, образующиеся при участии заполнителя, в состав которого входит глинистая пленка, кристаллизуется и повышается прочность системы в более поздние сроки.

Последующим фактором является зависимость прочности ШЩБ от гранулометрического состава гравелита.

Количество шлака в составе бетона составляло 400 кг/куб. м, при использовании в качестве щелочного компонента раствора соды и метасиликата натрия плотностью 1200 и 1250 кг/куб. м. Результаты испытаний показали, что наиболее рациональным являются составы, в которых присутствуют три фракции гравелита, причем размеры наибольших зёрен заполнителя не превышает 40 мм.

По полученным данным рекомендуются следующие соотношения между фракциями гравелита (таблица 2).

Таблица 2. Зависимость прочности при сжатии ШЩБ от гранулометрического состава гравелита

№ № п/п	Размеры фракций мм	Содержание фракций %	Предел прочности при сжатии бетона, Мпа, после тепловлажностной обработки			
			1 сутки		28 суток	
			сода	Метасиликат натрия	сода	Метасиликат натрия
1	5...10	35	14,8	32,5	18,1	36,0
	10...20	65				
2	5...10	44	12,9	30,1	16,8	34,3
	10...20	56				
3	5...10	18	18,0	39,0	20,0	47,7
	10...20	56				
	20...40	56				
4	5...10	26	13,2	32,0	15	36,4
	10...20	28				
	20...40	46				

Важным направлением расширения производства эффективных бетонных и железобетонных конструкций из шлакощелочного бетона на существующих заводах сборного железобетона является регулирование в тре-

буемых пределах его технологических свойств. Для этих целей из ряда поверхностно-активных веществ в результате исследований в качестве добавки предложен гравелит, который добавляли совместно с водным рас-

твором щелочного компонента. В исследованиях использованы доменный гранулированный шлак, речной песок и содощелочной плав.

Введение в небольших количествах модифицированной добавки увеличивает сроки схватывания шла-

кощелочного бетона нормальной густоты, не только при обычной, но и при повышенной температуре. При этом снижается жёсткость и вибровязкость бетонной смеси и обеспечивается достаточно высокая стойкость её к расслаиванию.

Таблица 3. Характеристики шлакощелочного вяжущего и бетона с модифицированной добавкой

Содержание модифицированной добавки, % от массы цемента	Начало схватывания, мин., при температуре, град. С	Конец схватывания, мин., при температуре, град. С	Жёсткость бет. смеси, с	Прочность при сжатии мелкозернистого пропаренного бетона, МПа
0	23...65	7...12	30	62,5
0,2	44...90	18...37	25	62,5
0,4	58...110	27...58	20	62,0
0,6	70...126	33...73	10	61,5
0,8	77...137	37...84	3	60,5
1,0	82...145	40...93	не определена	59,0

Шлакощелочной бетон предназначается для строительства зданий и сооружений в водохозяйственном и сельском хозяйстве, так как его прочностные характеристики вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемые Государственным стандартом к высокопрочным бетонам. На основе гравелита и шлакощелочного вяжущего можно получить высокоэффективные конструкционные бетоны с однородной структурой, формирующиеся за счет создания жесткого каркаса путем образования прочных контактов при взаимодействии глинистых пылевидных и карбонатных компонентов гравелита со шлакощелочными вяжущими [4].

Таким образом, можно сделать заключение, что при использовании соды и содосульфатной смеси темп твердения ШЩБ на гравелите несколько ниже, чем при использовании силикатных щелочных компонентов. Но по абсолютным значениям показатели прочности и в том, и в другом случае достаточно высокие..

Экономическая эффективность при применении такого бетона достигается за счёт оптимизации технологии изготовления бетона и применения заполнителя гравелита — дешёвого и доступного на территории Узбекистана.

Литература:

1. Глуховский В.Д. — Шлакощелочные бетоны. Труды научно-технических институтов./ Киев, 1989 г. — 97 с.
2. Комар А.Г. — Строительные материалы и изделия./ М., Высшая школа, 1999 г. — 269 с.
3. Лещинский М. Ю., Скрамтаев Б.Г. — Испытание прочности бетона. Труды научно-технических институтов. / М., 1983. — 241 с.
4. Технология бетона: учеб. для вузов / Баженов Ю.М. — Москва.: Высшая школа. 1987. — 148 с.

Рациональный режим наполнения и сработки ирригационных водохранилищ

Гаппаров Фуркат Ахматович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Ирмухамедова Людмила Хасановна, кандидат технических наук, доцент;
Гаффарова Муштарийбону Фуркатовна, студент магистратуры
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Узбекистан)

Предложен метод составления график наполнения и сработки водохранилища в различные по водности годы с минимальными холостыми сбросами в многоводные годы и наименьшими потерями в маловодные годы.

Одним из главных вопросов эксплуатации водохранилищ, определяющим его судьбу и сохранность сооружений, возможность эффективного использования

речного стока, является вопрос установления оптимального режима наполнения и сработки ирригационных водохранилищ.

Режим работа водохранилища устанавливается при помощи диспетчерских графиков. Диспетчерский график должен содержать противоперебойную, восходящую ветвь, которая служит линией ограничения наполнения водохранилища в многоводных условиях, линией ограниченных подач при маловодных условиях, а также линией наполнения и сработки водохранилища.

Эти линии строятся в начале года после получения прогноза объема стока за год по реке и с учетом объема наполнения водохранилища в начале года. Для этого необходимо иметь график внутригодового распределения стока по реке, график гарантированных подач воды потребителям и данные о составляющих водного баланса.

Сначала изучается сток реки по натурным гидрологическим данным за последние 20–30 лет и определяется маловодные, средневодные и многоводные годы. Затем определяется декадный составляющий водного баланса (1). Анализируя собранные материалы составляется рациональный режим наполнения и сработки ирригационных водохранилищ-диспетчерский график.

Диспетчерский график составляется на основе линий ограничения наполнения и линий ограничения подачи воды из водохранилища.

Линия ограничения наполнения водохранилища: Для определения ординат линии ограничения наполнения водохранилища нужно иметь данные наблюдений декадных приходных и расходных составляющих водного баланса (2). На основании этих материалов ординаты линии ограничения наполнения водохранилища определяется по формуле:

$$W_j = W_{НПУ} - S_{\max} + \sum_{i=1}^j (A \sum \Pi - \sum P) \quad (1)$$

где: W_j — объем водохранилища в конце декады по линии ограничения наполнения, млн.м³;

$j = 1, 2, 3, \dots, 36$ (декады);

$W_{НПУ}$ — объем водохранилища при НПУ, млн. м³;

$$S_{\max} = \sum_{i=1}^k (A \sum \Pi - \sum P) - \text{максимальные}$$

значения объема воды в течение года, млн. м³;

k — декада в котором сумма достигает максимальное значение;

$$A = \frac{W_6}{\bar{W}_k}$$

W_6 — прогнозируемый годовой объем стока в расчётном году, млн.м³;

$\bar{W}_k$ — среднеегодовое значение стока, млн.м³;

$\sum \Pi$ — сумма среднедекадных составляющих приходных объемов воды, млн.м³;

$\sum P$ — сумма среднедекадных расходных составляющих, млн.м³.

Таким образом, была разработана линия ограничения наполнения водохранилища на примере Андиданского водохранилища расположенного предгорной зоне. Рекомендованной линией ограничения наполнения Андиданского водохранилища можно использовать для различного года.

$$W_j = W_0 - S_{\min} + \sum_{i=1}^j (A \sum \Pi - \sum P) \quad (2)$$

где: W_j — объем водохранилища в конце декады по линии ограничения подачи воды, млн.м³; $j = 1, 2, 3, \dots, 36$ (декады);

W_0 — мёртвый объем водохранилища, млн.м³;

$$S_{\min} = \sum_{i=1}^k (A \sum \Pi - \sum P) - \text{минимальные значения}$$

объема воды в течение года, млн. м³;

k — декада в котором сумма достигает минимальное значение.

Таблица 2. Отметки горизонта воды, соответствующие ординатам линии ограничения наполнения водохранилища

Месяцы	$W_j = W_{НПУ} - S_{\max} + \sum_{i=1}^j (A \sum \Pi - \sum P)$	Отметка воды, м
Январь	1309	894
Февраль	1395	896
Март	1484	898
Апрель	1858	904
Май	1861	905
Июнь	1900	906
Июль	1622	901
Август	1131	889
Сентябрь	1088	887
Октябрь	1096	888
Ноябрь	1220	892
Декабрь	1429	897

Таблица 3. Отметки горизонта воды, соответствующие ординатам линии ограничения водоподачи

Месяцы	$W_j = W_0 - S_{мин} + \sum_{i=1}^j (A \sum \Pi - \sum P)$	Отметка воды, м
Январь	542	871
Февраль	615	874
Март	550	871
Апрель	725	878
Май	821	881
Июнь	772	879
Июль	480	868
Август	236	854
Сентябрь	282	857
Октябрь	159	847
Ноябрь	150	846
Декабрь	279	856

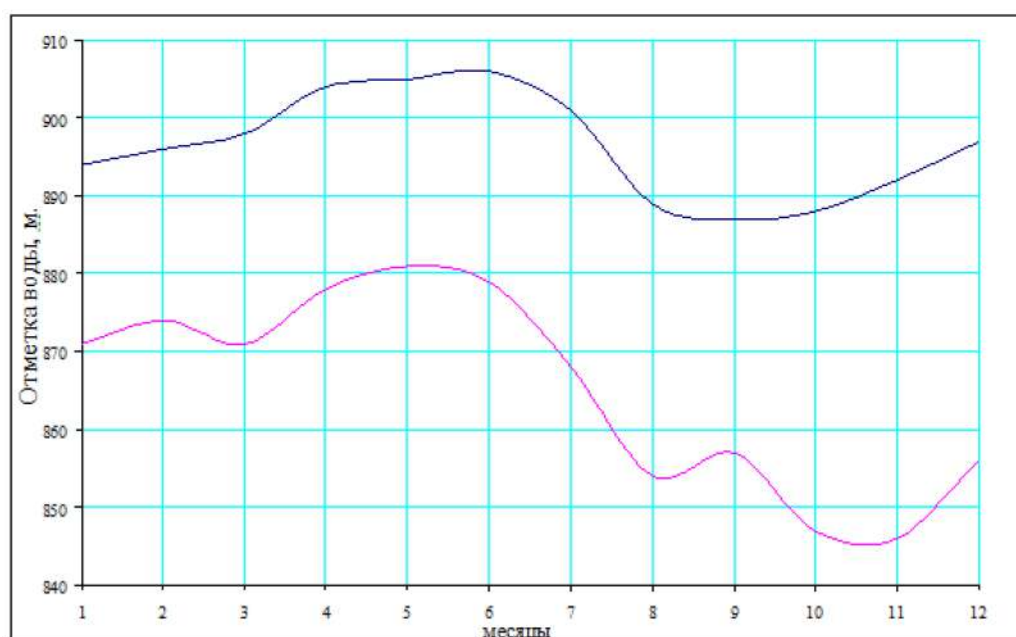


Рис. 1. Диспетчерский график эффективного накопления и опорожнения Андижанского водохранилища.

Линия ограничения наполнения водохранилища служит для регулирования сработки водохранилища таким образом, чтобы в период паводка избежать аварийной ситуации при переполнении водохранилища.

Линия ограниченных подач воды служит для регулирования сработки в маловодных условиях таким образом, чтобы не оставить потребителей совсем без воды, а распределить ограниченные подачи в течение года с наименьшими экономическими потерями, если сток в водохранилище недостаточен для обеспечения гарантированных подач.

Учитывая, что наполнение водохранилища в начале года может отличаться годам, как и сток в водохранилище по реке, а также могут изменяться объёмы воды, подаваемой потребителям, диспетчерский график надо составлять в начале года на расчётный год (3).

Максимальный расход паводка надо учитывать при определении положения ограничения наполнения вблизи НПУ в период пика паводка, так как в это время неизбежным будет переполнение водохранилища, если катастрофический сброс по каким-либо причинам не сможет сбрасывать воду расходом стока. Поэтому наполнение водохранилища следует сдвигать до времени, когда после пика паводка расход начинает уменьшаться.

Для удобства практического использования диспетчерского графика ординат его линий надо выразить в отметках уровня воды в водохранилище, для чего надо воспользоваться кривой зависимости объёма водохранилища от отметки уровня в нём.

Наполнение и сработка водохранилища осуществляются согласно диспетчерского графика. При этом уровень воды в водохранилище всегда должна находиться

между линиями ограничения наполнения и подачи воды, отраженных на диспетчерском графике.

Построенный в начале года диспетчерский график, отражающий в себе все внутrigодовые изменения стока

и начальный объем водохранилища к началу года создает условия для рационального использования воды и гарантированного обеспечения всех потребителей нужным количеством воды.

Литература:

1. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1983. 543 с.
2. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. 256 с.
3. Белесков Б. И., Садыков А. Х., Гаппаров Ф. А. Наполнение и Сработка водохранилищ в маловодных условиях // Мелиорация и водное хозяйство: Сб. научных трудов / САНИИРИ. — Ташкент, 1997. - С. 130—133.

Оценка резерва времени, необходимого для предотвращения срывов сроков строительного производства

Давыдова Кристина Андреевна, магистрант

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Основной проблемой современного строительства является несоблюдение сроков сдачи объектов в эксплуатацию, в связи с этим при календарном планировании строительных работ особое внимание уделяется решению следующих задач: соблюдение сроков ведения работ, при снижении его стоимости и соблюдении качества конечной продукции. Целью данной статьи является формирование общей классификации рисков, оказывающих основное влияние на продолжительность выполнения работ. Аналитически рассчитав последствия возможного возникновения данных рисков для любого строительного объекта, можно свести к минимуму риски отставания от графика производства работ и, соответственно, задержки сдачи объекта в эксплуатацию, которые могут привести к уменьшению прибыли.

Ключевые слова: строительство, календарное планирование, продолжительность строительства, риски, организация строительства

Организация строительного производства особое внимание уделяет решению трех основных задач:

1. снижение материальных и трудовых ресурсов;
2. сокращение сроков строительства;
3. обеспечение достаточно высокого качества готовой продукции.

Под календарным планированием при организации строительного производства подразумевается определение сроков начала и окончания ведения работ, и их взаимная увязка. Увязать потоки означает определить начало и окончание выполняемой работы на каждом частном фронте с учетом обеспечения минимальной окончательной продолжительности строительства и достижимого совмещения смежных видов работ.

При определении продолжительности строительства необходимо рассчитать количество ресурсов, как материальных, так и трудовых, требуемых для выполнения каждого вида работ. При планировании важно учитывать время, затрачиваемое на доставку материалов непосредственно на строительную площадку.

По имеющейся на сегодняшний день литературе выделяются следующие факторы, вызывающие пролонгацию сроков строительства:

- удаленность расположения объекта строительства от складов фирм-поставщиков;
- необходимость работы в автономном режиме;

- использование на строительной площадке рабочей силы, не имеющей должной квалификации;
- полное или частичное отсутствие проектной документации на момент планирования и даже ведения работ;
- недостаточная проработка имеющейся информации об объекте;
- принятые проектные решения, реализация которых требует неординарных технических решений;
- многочисленность подрядных и субподрядных организаций;
- ограниченность пространства для выполнения работ;
- ограниченность фронта работ;
- особые природно-климатические условия каждой строительной площадки;
- необходимость выполнения ремонтно-восстановительных работ;
- обеспечение безопасности в процессе производства работ;
- прочие непредвиденные неблагоприятные факторы.

Важно отметить, что при календарном планировании необходимо учитывать совокупность вышеперечисленных факторов для того, чтобы свести к минимуму вероятность несоблюдения сроков строительства, которое может привести не только к убыткам компании, но и к ее полному банкротству.

На основании полученной классификации можно определить риски, которые возникают в процессе производства работ, для того чтобы оценить степень влияния каждого из них:

1. Риск нехватки трудовых, материальный и финансовых ресурсов;
2. Риск изменений в проектной документации;
3. Риск изменений в нормативной документации;
4. Риск изменений в законодательстве РФ;
5. Риск неправильной очередности освоения фронтов;
6. Риск неправильного выбора используемых машин и механизмов;
7. Риск неполадок во время эксплуатации машин и механизмов;
8. Риск неправильного метода организации работ;
9. Риск возникновения ошибок в процессе производства работ;
10. Риск недостаточной квалификации специалистов;
11. Риск задержки поставки материалов на строительную площадку;
12. Риск несоответствия заявленного качества, поступивших материалов и конструкций;
13. Риск неблагоприятных погодных условий;
14. Риск чрезвычайных ситуаций;
15. Риск несвоевременной сдачи исполнительной документации.

Существуют аналитические способы подсчета вероятностного ущерба или возможного появления прибыли от возникновения разного рода событий. На основе сформулированной классификации рисков можно произвести качественный и количественный анализ степени их влияния.

Степень риска — это вероятность возникновения того или иного события и прогнозирование его воздействия на конечный результат.

Под количественным анализом рисков подразумевается абсолютная величина, определяющая продолжительность задержки в днях, которую может вызвать данный фактор при производстве работ. Качественная оценка фактора отражает удельный вес влияния данного фактора.

Риск оценивается через произведение значений установленной вероятности на возможные его последствия.

Данное значение выражается в относительных единицах, и через умножение на рассчитанную продолжительность выполнения работы определяется число дней, которые необходимы для того, чтобы предотвратить срывы сроков, не зависящие от подрядных и генподрядных организаций.

Вероятность наступления каждого из событий может определяться как объективным методом, то есть на основании исследований с вычисленной частотой, которые на сегодняшний день отсутствует, так и субъективным методом, который осуществляется на основании опыта разработчика календарного плана: разработчик самостоятельно присваивает каждому риску вероятность возникновения, которая находится в интервале от 0 до 1.

Возможные последствия рисков на время производства работ оцениваются по следующей логике:

Если риск вызывает незначительное отставание от расписания, то его последствия ничтожны и степень их влияния оценивается в 0,05 единиц. Если отставание от расписания составляет менее чем 5%, то его последствия являются незначительными и оцениваются в 0,1 единицу. В случае, если общее отставание от расписания находится в промежутке 5–10%, то его умеренное влияние оценивается в 0,2 единицы. При нарушении сроков в диапазоне 10–20%, учет является значительным и оценивается в 0,4 единицы. При общем отставании от расписания более чем на 20%, нарушение сроков считается очень значительным и учитывается 0,8 единицами.

Резюмируя все вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что грамотное планирование строительства возможно с учетом факторов, влияющих на сроки строительного производства. На основании сформулированной классификации рисков появляется возможность с долей вероятности определить в абсолютных величинах ущерб, который выражается в виде временных задержек в плане производства работ. Предложенные вычисления позволят приблизить сроки календарного плана производства работ, построенного на основании существующих методов организации строительства, к реальным срокам, не требующим дополнительных финансовых вложений и обеспечивающих необходимое качество готовой продукции.

Литература:

1. Егоров А. Н. Строительное производство чрезвычайно срочных объектов: Монография. СПб.: СПбГАСУ, 2004. 230 с.
2. Егоров А. Н. Организационно-технологическая подготовка и сопровождение экстренного строительства // Монтажные и специальные строительные работы. 2003. № 8. с. 5–8.
3. Михайлов А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2017. 296 с.
4. Ширшиков Б. Ф. Организация, управление и планирование в строительстве. М.: Асв, 2012. 529 с.
5. Wallace A. Project planning and scheduling using PERT and CPM techniques with linear programming: case study. International journal of scientific & technology research Volume 4, Issue 08, August 2015, P. 222–224
6. Martin J., Burrows T.K., Pegg I. Predicting Construction Duration of Building Projects. Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8–13, 2006.

Защита железобетонных конструкций в агрессивных средах

Фырлина Галина Львовна, старший преподаватель

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Узбекистан)

В водохозяйственном строительстве основным материалом являются бетонные и железобетонные конструкции. Первостепенное значение имеют долговечность таких конструкций, а также средств обеспечения их долговечности. В данной статье рассматриваются два аспекта определения долговечности бетонных железобетонных конструкций: разрушение бетона и экономика долговечности. Установлено, что расчётную долговечность бетонных и железобетонных конструкций целесообразно принимать по допустимому пределу вложений средств на выполнение текущих и капитальных ремонтов, учитывая также возмещение ущерба производству за период текущих и капитальных ремонтов.

Ключевые слова: водохозяйственное строительство, железобетонные конструкции, воздействия агрессивных сред, разрушение бетона, расчётный срок службы, диагностика состояния конструкций, коррозия бетона, экономика долговечности.

В настоящее время для водохозяйственного строительства основным материалом являются железобетонные конструкции, поэтому их долговечность и средства обеспечения долговечности имеют первостепенное значение.

Водохозяйственные сооружения подвергаются воздействию агрессивных сред, развивающиеся процессы коррозии бетона и арматуры значительно снижают долговечность железобетонных конструкций и вызывают необходимость сложных и дорогостоящих ремонтных работ [1].

В данной работе рассматриваются два аспекта определения долговечности железобетонных конструкций: разрушение бетона и экономика долговечности. С одной стороны, процессы коррозии вызывают разрушения бетона, вызываемые действием химических, физических и физико-химических факторов. Зная сущность процессов коррозии, можно прогнозировать скорость их развития в данных конкретных условиях и выбирать средства защиты, которые обеспечивают сохранность железобетонных конструкций. С другой стороны, нужно считаться не только с деструктивными процессами, приводящими железобетонное сооружение в негодность, но и с экономикой долговечности.

Принято считать, что долговечность — это расчётный срок службы сооружения. Но это не значит, что после указанного срока службы сооружение разрушится или придёт в непригодное состояние. Выполняя ремонтные работы, сооружение можно поддерживать для эксплуатации в течение любого времени. Поэтому вопрос долговечности железобетонных сооружений в пределах расчётного срока службы, следует рассматривать с учетом экономического эффекта долговечности, то есть учитывать стоимость ремонтных работ, при которых долговечность отдельных конструкций и железобетонного сооружения в целом будет обеспечена.

Эффективность различных способов повышения стойкости и антикоррозионной защиты железобетонных элементов в агрессивных грунтах в значительной степени определяется достоверностью оценки вида и степени агрессивности среды и прогноза изменения агрессивности в период эксплуатации. При этом особенно важно

определить необходимость вторичной защиты или достаточность первичной защиты. Дело в том, что применение вторичной защиты, то есть защитного покрытия, сразу изменяет допустимую величину содержания агрессивных по отношению к бетону компонентов в грунтовой среде, так как защита обычно осуществляется материалами, заведомо более стойкими, чем бетон в солевых средах. В то же время применение поверхностной защиты обуславливает возникновение новых технических задач, например, придание достаточной механической прочности, необходимой при погружении свай забивкой, и при этом сохранение достаточного сцепления с грунтом для висания свай.

Прогноз изменения засоленных грунтов или грунтовых вод представляет первостепенную задачу. Следует отметить, что в настоящее время методология определения характеристик агрессивности грунтовой среды на площадке будущего строительства производится недостаточно надёжно. Отдельные пробы воды или грунта, отобранные из скважин или шурфов, характеризуют только химический состав воды в данный период года и не дают, как правило, оснований для оценки среднего состава грунтовых вод в течение года. Зачастую по данным анализа воды из отдельных скважин их состав резко различается, и для выбора способов защиты принимаются наиболее агрессивные показатели. Прогноз возможного изменения состава вод не производится.

Районы с засоленными грунтами на территории Узбекистана расположены на юго-востоке страны, в предгорных районах. Для этих районов характерно засоление верхних слоёв хорошо растворимыми хлористыми солями и сульфатом кальция. Климат отличается малым количеством осадков и значительным испарением влаги с поверхности грунта. При этом накапливаются растворимые соли магния, кальция, натрия, что характерно для континентального засоления. В результате растворения этих солей воды аридных областей становятся сульфатно-хлоридно-натриевыми, сульфатно-натриевыми и хлоридно-натриевыми с повышенным содержанием кальция и магния.

В рассматриваемых районах даже на сравнительно малой площади можно наблюдать существенное раз-

личие по содержанию в воде отдельных солей, например, сульфатов. При глубоком залегании грунтовых вод накопившиеся в грунтах и грунтовых водах соли могут сохраняться длительное время после прекращения процессов соленакпления.

Существенную роль в изменении гидрохимических условий районов с засолениями грунта играют искусственные факторы: строительство каналов, селехранилищ, орошение земель, эксплуатация промышленных предприятий. Одним из распространённых следствий промышленной деятельности является интенсивный подъём уровня грунтовых вод, повышение солей в воде и, как следствие, повышение степени её агрессивного воздействия.

Краткое рассмотрение некоторых особенностей районов с засоленными грунтами показывает, что существующий подход к оценке агрессивных свойств грунтовых сред не позволяет с достаточной достоверностью учесть характер изменения агрессивных свойств во времени, а также определить исходную агрессивность. Разработка более совершенной методологии оценки агрессивных свойств грунтовых сред представляется одной из актуальных проблем.

Многолетние комплексные исследования свайных конструкций в различных агрессивных грунтовых водах эффективность различных антикоррозионных защитных мероприятий и коррозионная стойкость свайных железобетонных конструкций в значительной степени зависят от учёта особенностей защищаемых конструкций, технологии их изготовления, монтажа и условий работы. Основные результаты этих исследований опубликованы, поэтому можно остановиться лишь на некоторых из них. Установлено, что при забивке свай большую роль играет фактическая плотность бетона. Уменьшение плотности в пределах от В-8 до В-2 приводит к уменьшению общего количества ударов до разрушения, при прочих равных условиях, в 25–30 раз. В то же время после приложения 25 процентной ударной нагрузки проницаемость бетона возрастает на порядок.

Существенную роль в изменении гидрохимических условий районов с засолениями грунта играют искусственные факторы: строительство каналов, водохранилищ, орошение земель, эксплуатация промышленных предприятий. Одним из распространённых следствий промышленной деятельности является интенсивный подъём уровня грунтовых вод, повышение солей в воде и, как следствие, повышение степени её агрессивного воздействия.

Многолетние наблюдения за изменением агрессивных свойств грунтов с использованием постоянно действующих наблюдательных скважин на ряде эксплуатируемых объектов позволяют считать это направление одним из путей решения рассматриваемого вопроса.

Сущность предложения состоит в следующем. На стадии изыскательских работ часть скважин, пробуриваемых для отбора проб грунта, оборудуется фильтрами и в течение 1,5–2 лет (практически срок между изыскательскими работами и началом строительства) периоди-

чески (1 раз в 3 месяца) из этих скважин производится отбор проб воды с последующим определением химического состава.

В числе актуальных вопросов проблемы борьбы с коррозией нужно отметить также и технический вопрос о методах восстановления повреждений при коррозии железобетонных конструкций, прежде всего, о надёжной диагностике состояния конструкций, её бетона и арматуры, которая является первым и весьма ответственным этапом ремонтно-восстановительных работ.

Установленную расчётную долговечность целесообразно принимать по допустимому пределу вложений средств на выполнение текущих и капитальных ремонтов, учитывая также возмещение ущерба производству за период текущих и капитальных ремонтов. Сложность определения такой долговечности заключается в том, что при этом нужно выявить факторы, которые в дальнейшем должны быть учтены в процессе диагностики последующих работ по ремонту [2]. Основными факторами являются следующие:

Состояние поверхности бетона и возможность использовать адгезионный эффект при восстановлении повреждённого бетона. Обычно, при коррозии разрушение бетона идёт послойно и состояние поверхности играет существенную роль при восстановлении монолитности повреждённого бетона.

Наличие пассивирующих по отношению к стальной арматуре свойств защитного слоя бетона у арматуры, а также и состояние арматуры железобетонных конструкций.

Применение покрытий не исключает обязательного соблюдения требований плотности и монолитности бетона, предназначенного для работы в агрессивной среде.

При утере бетоном пассивирующих свойств для обеспечения надёжной сохранности арматуры на последующие сроки эксплуатации сооружений остаётся практически почти единственный способ — это создание условий для контроля процессов коррозии арматуры, то есть сохранения постоянного высокого сопротивления защитных слоёв бетона [3].

Ещё одним актуальным и важным является вопрос борьбы с коррозией — это вопрос о ремонтнопригодности железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Восстановление повреждённого коррозией бетона с включением его в работу конструкции операция трудоёмкая, сложная и дорогая, что, естественно, сказывается на стоимости текущих и капитальных ремонтов, на их трудоёмкости и материалоёмкости [4]. Более сложным положением является повреждение арматуры железобетонной конструкции, а также в тех случаях, когда необходимость создания условий для выполнения ремонтно-восстановительных работ не была предусмотрена при создании конструкции, то есть на стадии проектирования. Поэтому оценка ремонтнопригодности железобетонных конструкций должна включаться в проекты возводимых сооружений как обязательная часть проекта.

В заключении необходимо отметить, что борьба за снижение расходов на ремонтно-восстановительные работы, за повышение эффективности капитальных вложений в строительство должна начинаться одновременно с проектированием водохозяйственного сооружения.

Литература:

1. Москвин В. М. — Защита бетона в агрессивных средах. Труды научно-технических институтов. / ВНИИ — М., 1982. — 144 с.
2. Крылов Б. — Технология и долговечность железобетонных конструкций. Труды научно-технических институтов. / ВНИИ гидротехники. — М., 1986. — 174 с.
3. Лешинский М. Ю., Скрамтаев Б. Г. — Испытание прочности бетона. Труды научно-технических институтов. / ВНИИ гидротехники. — М., 1983. — 241 с.
4. Технология бетона: учеб. для вузов / Баженов Ю. М. — Москва: Высшая школа. 1987. — 187 с.

САПР И ГРАФИКА

Разработка интерактивной эксплуатационной документации

Юрищева Вера Александровна, студент
Московский авиационный институт

Эксплуатационная документация (ЭД) начала создаваться еще при появлении первых технических изобретений и выпускалась в бумажном виде. Документация в области авиационной промышленности не стала исключением: сначала это были просто инструкции с чертежами. Однако в конце 1970-х годов военные США начали искать другие способы представления технических руководств [1]. При развитии компьютерных технологий стало очевидно, что электронная документация во многом улучшит усвоение информации: она позволит лучше интегрироваться с другими системами логистики, повысит удобство использования технических материалов, а также позволит сэкономить средства на обучение клиентов и персонала. В 1980-х годах американскими военными были проведены исследования, в ходе которых удалось установить цели электронных технических руководств (ЭТР). Полевые испытания со специалистами по военной технике позволили установить, что производительность при использовании ЭТР улучшилась, особенно для неопытных технических специалистов, а опросы показали, что 90% техников посчитали электронные руководства лучше и удобнее бумажного аналога [1].

Необходимость совершенствования документации привела к появлению так называемой интерактивной эксплуатационной документации, представляющей собой электронные документы, содержащие сведения об изделии, его составе, устройстве, принципах работы и процедурах технического обслуживания, а также анимацию или видео по сборке/разборке/обслуживанию [2]. Создание авиационной техники в настоящее время невозможно без широкого применения информационных технологий, поэтому вопрос разработки интерактивного электронного технического руководства (ИЭТР), использование которого может осуществляться даже персоналом, не имеющим опыта эксплуатации самолета, является актуальным.

ИЭТР представляют собой интерактивную электронную документацию с графическими элементами, которая преподносит сведения в более доступной, наглядной форме и обеспечивает пользователя справочными материалами, рассказывая об устройстве, принципах работы и проведении регламентных работ изделия. Главным преимуществом ИЭТР является возможность

виртуального отображения действий персонала при эксплуатации изделия в виде 3D-моделей, flash-анимации, видеороликов, что позволяет минимизировать ошибки при обслуживании и ремонте авиационной техники. Другими преимуществами использования виртуальных руководств являются увеличение скорости обслуживания и обучения персонала, повышение уровня безопасности обслуживания и эксплуатации.

Целью настоящей работы является разработка методик и структур данных, позволяющих создать **наглядную и удобную в использовании** интерактивную эксплуатационную документацию.

Достижение поставленной цели реализуется путем решения следующих **задач**:

- разработка структуры электронной эксплуатационной документации и создание базы данных, согласно ей;
- создание модулей данных и заполнение их текстовой и графической информацией;
- путем внедрения голосового помощника в структуру электронной базы данных.

1. Требования и функции ИЭТР

К требованиям, предъявляемым к интерактивной эксплуатационной документации, относят:

- возможность передачи закрытой технической информации;
- обеспечение возможности визуального представления действий персонала при эксплуатации системы с детализацией, достаточной для понимания основных процедур, необходимых персоналу при эксплуатации системы;
- возможность оперативного внесения изменений;
- возможность процедур поиска и устранения неисправностей;
- обеспечение использования максимального объема информации из состава эксплуатационной документации (ЭД).

Основной функцией ИЭТР является обучение специалистов, которое осуществляется на основе содержащихся в документации сведений:

- об устройстве изделия, его составных частях и комплектующих, принципах действия;
- о возможных неисправностях изделия, их вероятных причинах и методах их выявления и устранения;

— о действиях при использовании изделия в нормальных и аварийных ситуациях.

2. Создание электронной базы данных

Программный комплекс «TechnicalGuideBuilder» российской компании АНО «НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», обладающий широким функционалом, позволяющим сопровождать и контролировать разработку документации, выбран в качестве программного обеспечения для создания ИЭТР. Одной из особенностей программы является возможность настроить различные шаблонные модули под конкретный проект; кроме того, предусмотрена процедура согласования и утверждения модулей данных и публикаций с применением электронных подписей. «TGBuilder» может содержать гиперссылки, которые, при необходимости, связывают элемент документа с другим модулем данных, а также с иллюстрацией или таблицей, а наличие справочников упрощает работу с терминами, сокращениями и применимостью [3]. Программа работает с форматами PDB, XML, JPEG, PNG, AVI, MP3, VRML, ACIS и др. Просмотр ИЭТР, в том числе иллюстрированного текста, видео-, аудио-роликов и компьютерных моделей, возможен с любого устройства с помощью программы просмотра содержимого «TG Browser».

Разработка ИЭТР начинается с электронной базы данных, основная цель которой заключается в предоставлении исходной информации для создания технических публикаций. Центральным объектом базы данных является информационный объект — модуль данных, представляющий собой наименьшую самостоятельную единицу данных в составе технического руководства [3].

Первым этапом создания базы данных является разработка шаблона проекта в модуле TGDesign, где создаются титульный лист, структура шаблона и справочники,

в которые вносятся сокращения, термины и нормативные документы. Выбираются типы модулей данных, участвующих в проекте. При необходимости, шаблон модулей данных может быть изменен под собственный проект. После создания шаблона, его необходимо зарегистрировать в системе «TechnicalGuideBuilder» в модуле TGAdmin. На основе шаблона создается проект, присваиваются название и код, назначаются исполнители документации. При этом работу над проектом могут осуществлять несколько человек одновременно:

- 1) технический писатель заполняет содержимым модуль данных и загружает графические данные;
- 2) нормо-контролер проверяет соответствие документации ГОСТам, правильность примененных сокращений и обозначений, ссылок на нормативные документы, орфографию и пунктуацию и пр.;
- 3) руководитель выполняет конечную проверку публикаций.

После этого формируется структура проекта. Каждый элемент структуры представляет собой систему, состоящую из подсистем и модулей данных, подсистемы, в свою очередь, состоят из агрегатов и модулей данных, а агрегаты — только из модулей данных. Преимущество модулей данных в том, что они могут быть неоднократно использованы в формирующихся публикациях, но информация в составе базы данных не дублируется.

В ходе выполнения данной работы была модернизирована структура документации по МиГ-29К. Существующая структура была недостаточно удобна при разработке документации, поскольку поиск нужного модуля данных происходил по системам самолета. Была предложена новая структура — по оборудованию (рис. 1), которая удобна тем, что пользователь ИЭТР сразу может найти необходимую в данный момент информацию.



Рис. 1. Обновленная структура ИЭТР по МиГ-29К

Следующий этап представляет собой кодирование элементов проекта. Каждый модуль данных имеет уникальный идентификационный код (рис. 2), повторение которого в программе недопустимо. Эти коды присваиваются согласно ГОСТ 18675–2012. На рисунке 2

«MIG29K» — обозначение самолета, «32» — идентификатор системы «Взлетно-посадочные средства», «20» — показатель подсистемы «Носовая/хвостовая опора и створки», «040» — указывает на описание устройства и т. д.

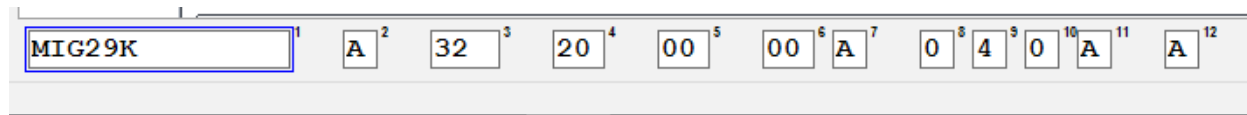


Рис. 2. Пример идентификационного кода

3. Заполнение модулей данных

К наиболее распространенным модулям данных относятся:

- описательный;
- технологическая карта;
- поиск неисправностей;
- планирование технического обслуживания;
- информация для экипажа;
- иллюстрированный каталог;
- процессный.

Модули данных состоят из текстовой и графической информации (рис. 3) и оформляются в соответствии с ГОСТ 2.601–2012 «**Эксплуатационные документы**», 2.611–2011 «Электронный каталог изделий», РВ 0002–601–2008 «Военная техника. Эксплуатационные документы», Р 50.1.029–2001 «Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению».

Текстовая информация используется для подробного описания изделия и его составных частей и, при необходимости, разбивается на разделы, сопровождаемые заголовками.

Эксплуатационная документация должна быть настолько наглядной, чтобы любой человек, обладающий минимальными знаниями в авиации, мог понять, как собирать изделия. Поэтому в ИЭТР помещаются объемные иллюстрации со ссылками на детали, анимации (или видео) монтажа, демонтажа, эксплуатации и 3D-модели с возможностью осмотреть деталь со всех сторон. Программный комплекс «TechnicalGuideBuilder» позволяет использовать такие графические элементы, как изображение, цифровая фотография, аудиоклип, видеоклип, 3D-модель форматов ACIS и VRML и другие.

3D-модели дают пользователю полное трехмерное представление данных и возможность ориентации вида, чтобы специалист по обслуживанию мог выполнить осмотр как в реальной жизни.

Анимация формируется путем создания движущихся двух- или трехмерных нединамических изображений и представляет собой перемещение исходных изображений для разъяснения, например, сложной процедуры разборки или сборки, а также смену положения объекта

для демонстрации скрытых или труднодоступных компонентов.

Видео в программном комплексе «TechnicalGuideBuilder» — это реальное киноизображение (ролик, клип), показывающее работу оборудования, шаги выполнения процедуры или некоторое событие, что очень подходит для обучения и демонстрации. Такие ролики могут включать звуковое пояснение или звуковое сопровождение.

Звуковое сопровождение может быть:

- звуковой дорожкой;
- акустическим эффектом;
- чистым комментарием, поясняющим процедуры, шаги обнаружения неисправностей и действия.

Все перечисленные звуковые объекты могут быть внедрены или связаны внешне с визуализируемыми мультимедийными объектами. Также звук необходим при обучении эксплуатантов изделия (например, звуковые предупреждения и тревожная сигнализация, слышимые на взлетно-посадочной палубе).

В данной работе была разработана интерактивная эксплуатационная документация на примере стойки шасси. Взлетно-посадочные устройства занимают не последнее место в структуре самолета, поскольку они позволяют летательному аппарату осуществлять стоянку, перемещение машины по аэродрому или воде, посадку и взлет самолета, позволяют гасить удары в момент приземления, принимая на себя большие нагрузки при посадке самолета (рис. 4). Шасси самолета состоит из основных опор, передней или хвостовой опоры, вспомогательных опор и створок, закрывающих ниши убирания шасси [4]. В работе основное внимание было уделено основной опоре шасси.

Для заполнения модуля данных по монтажу стойки шасси были созданы 3D-модели передней стойки шасси в программе NXUnigraphics (рис. 5), выполнена анимация монтажа (загружена в документацию как видеоклип). При интерактивном просмотре пользователь может в любое время включить видео и просмотреть интересующую информацию неограниченное количество раз. 3D-модель с возможностью прокрутки детали в данном случае используется для того, чтобы пользо-

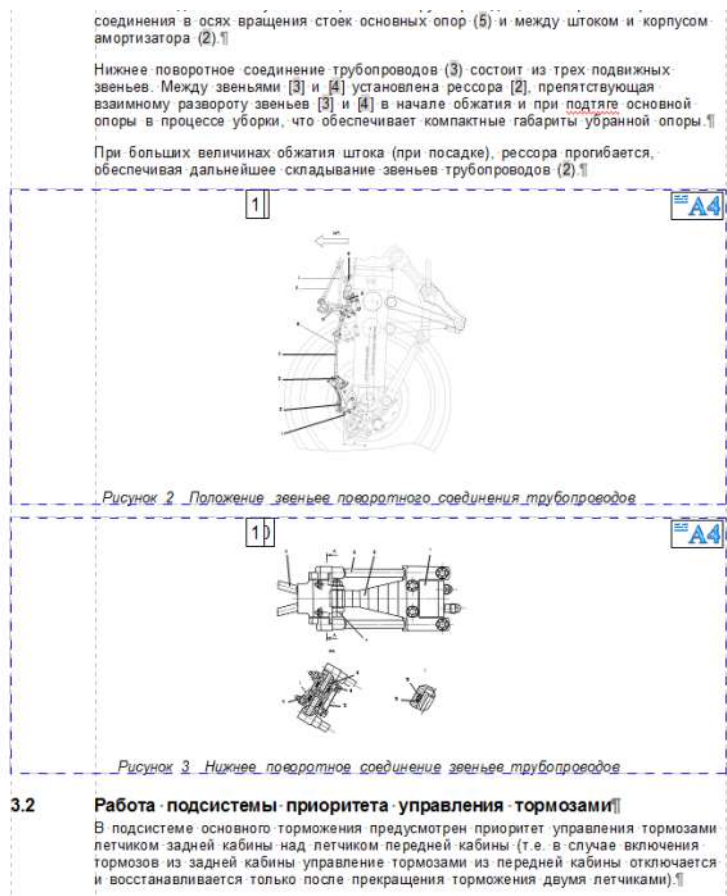


Рис. 3. Пример заполнения описательного модуля данных

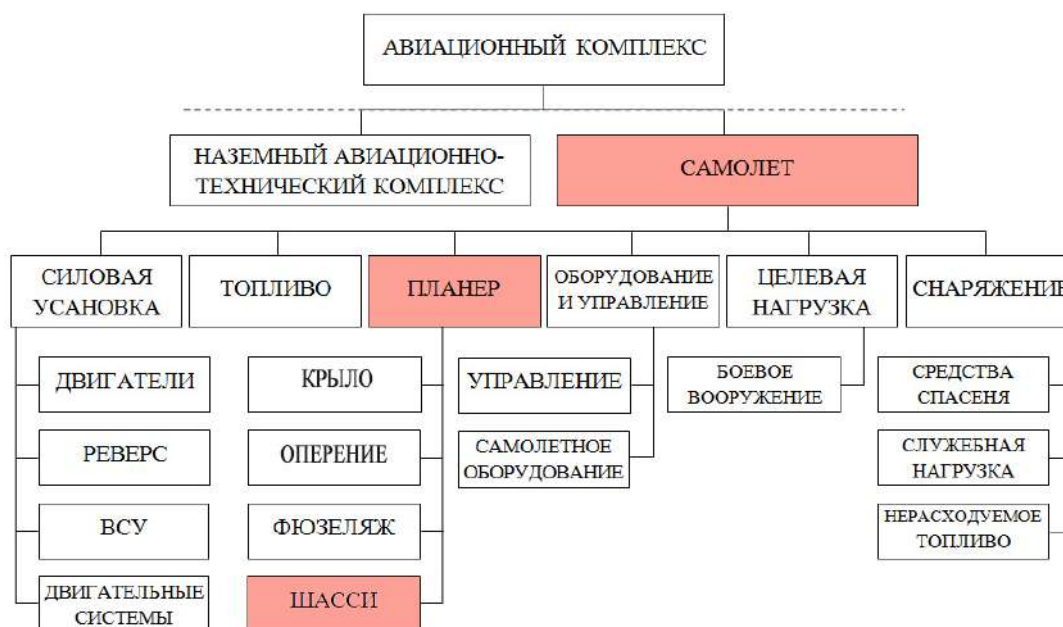


Рис. 4. Структурная декомпозиция самолета



Рис. 5. 3D-модель стойки шасси

ватель мог рассмотреть объект со всех сторон в случае, если у него остались вопросы после просмотра видео.

После наполнения модуля данных и его проверки из него формируют публикацию — составной электронный документ, состоящий из набора модулей данных. В состав публикации могут входить автоматически созданные отчеты (служебные модули данных):

- титульный лист;
- перечень действующих модулей данных;
- перечень страниц;
- лист регистрации изменений;
- перечень аббревиатур;
- перечень терминов;
- перечень условных обозначений.

После утверждения публикаций руководством, документация передается заказчику в бумажном либо интерактивном виде.

Для улучшения качества и скорости восприятия информации, получаемой из интерактивной эксплуатационной документации, были опрошены как эксплуатанты самолета, так и люди, занимающиеся непосредственно созданием документации. Одной из проблем, выделенных в ходе исследования, была полная привязанность к источнику информации, то есть к книге, планшету, телефону или любому монитору, что неудобно, поскольку отсутствует возможность выполнять различные действия одновременно с изучением материала. Для решения этой проблемы была предложена идея звукового сопровождения и голосового поиска, когда необходима помощь в каком-то вопросе.

4. Голосовой помощник с составе ИЭТР

Задачами голосового помощника применительно к ИЭТР могут являться:

- поиск информации в документации;
- поиск деталей на иллюстрации;
- запуск видео;

- переход по ссылкам;
- озвучивание действия и текста документации;
- ответы на вопросы пользователей по документации.

Принцип работы голосового помощника заключается в следующем. На первом этапе происходит активация, например, произношением ключевой фразы [5]. Далее пользователь произносит текст, который может объяснить помощнику, что пользователь хочет сделать. Система распознавания превращает текст в N-лучших гипотез того, что сказал пользователь. Затем система распознавания естественного языка превращает текст в N-лучших вариантов понимания фразы пользователя, далее диалоговый движок интерпретирует и классифицирует эти фразы и определяет, что необходимо сделать на основе полученной информации [5]. После получения необходимых данных система производит процесс возвращения информации пользователю, т. е. система генерации естественного языка генерирует текст для ответа пользователю, после чего система генерации голоса на основе обученных моделей генерирует звуковую информацию, которая и объявляется пользователю в качестве ответной реакции [5]. Такой подход позволит повысить качество ИЭТР и облегчит работу с ними за счет увеличения скорости восприятия информации.

Заключение

Разработана **наглядная и удобная в использовании** интерактивная эксплуатационная документация. Для улучшенного восприятия информации и обучения персонала во время занятия практикой, а также для быстрого поиска нужного материала по голосу было предложено внедрить в интерактивную эксплуатационную документацию звуковое сопровождение. Это позволит проходить обучение не только по книге, планшету, телефону или монитору, но и на расстоянии от источника, во время проведения работ.

Литература:

1. Rainey S.C., Fuller J.J. The interactive electronic technical manual: requirements, current status, and implementation-strategy considerations. AD A24C 801. Systems Department. Test and Evaluation Report. 1991.
2. Губич Л.В. Внедрение на промышленных предприятиях информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции. Издательский дом «Белорусская наука». 2012.
3. «TGBuilder 3.4». Руководство пользователя. М.: Прикладная логистика. 2014.
4. Авиация: Энциклопедия/ гл. ред. Г.П. Свищев. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994.
5. Поляков Е.В., Мажанов М.С., Качалова М.В., Поляков С.В. Разработка интеллектуального голосового ассистента и исследование обучающей способности алгоритмов распознавания естественного языка. Системный администратор. 12 (181). 2017.

Техника. Технологии. Инженерия

Международный научный журнал
№ 3 (09) / 2018

Редакционная коллегия:

Главный редактор:
Ахметов И.Г.
Члены редакционной коллегии:
Авдеюк О.А.
Искаков Р.М.
Каленский А.В.
Коварда В.В.
Комогорцев М.Г.
Котляров А.В.
Лескова Е.В.
Мусаева У.А.
Прончев Г.Б.
Семахин А.М.
Сенюшкин Н.С.
Яхина А.С.

Руководитель редакционного отдела:
Кайнова Г.А.
Ответственный редактор:
Осянина Е.И.
Художник: Шишков Е.А.
Верстка: Бурьянов П.Я.

Международный редакционный совет:
Айрян З.Г. (Армения)
Арошидзе П.Л. (Грузия)
Атаев З.В. (Россия)
Ахмеденов К.М. (Казахстан)
Бидова Б.Б. (Россия)
Борисов В.В. (Украина)
Велковска Г.Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А.М. (Россия)
Демидов А.А. (Россия)
Досманбетова З.Р. (Казахстан)
Ешнев А.М. (Кыргызстан)
Жолдошев С.Т. (Кыргызстан)
Игисинов Н.С. (Казахстан)
Искаков Р.М. (Казахстан)
Кадыров К.Б. (Узбекистан)
Кайгородов И.Б. (Бразилия)
Каленский А.В. (Россия)
Козырева О.А. (Россия)
Колпак Е.П. (Россия)
Кошербаева А.Н. (Казахстан)
Курпаянниди К.И. (Узбекистан)
Куташов В.А. (Россия)
Кыят Э.Л. (Турция)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л.В. (Украина)
Нагервадзе М.А. (Грузия)
Прокопьев Н.Я. (Россия)
Прокофьева М.А. (Казахстан)
Рахматуллин Р.Ю. (Россия)
Ребезов М.Б. (Россия)
Сорока Ю.Г. (Украина)
Узаков Г.Н. (Узбекистан)
Федорова М.С. (Россия)
Хоналиев Н.Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А.К. (Казахстан)
Шуклина З.Н. (Россия)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;
фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.
E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2500-090X

Тираж 500 экз. Подписано в печать 5.07.2018.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25