

*Журнал Научное обозрение.
Технические науки
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57440
ISSN 2500-0799*

*Учредитель, издательство и редакция:
НИИЦ «Академия Естествознания»,
почтовый адрес:
105037, г. Москва, а/я 47*

**Founder, publisher and edition:
SPC Academy of Natural History,
post address:
105037, Moscow, p.o. box 47**

*Подписано в печать 23.10.2018
Дата выхода номера 23.11.2018
Формат 60×90 1/8*

*Типография
НИИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 23.10.2018
Release date 23.11.2018
Format 60×90 8.1**

**Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина ЕС.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2018/5
© НИИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2018 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
литературные обзоры диссертаций,
статьи проблемного и научно-практического
характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫМИ БЕСПИЛОТНИКАМИ ПОВЫШЕННОЙ АВТОНОМНОСТИ	
<i>Горлов А.А.</i>	5
ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ МНОГОСВЯЗНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ АППАРАТУРНЫХ КОМПЛЕКСОВ	
<i>Зарецкий А.В., Лискин В.А.</i>	14
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РАБОЧИХ НА МОДЕЛЬ КАДРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА	
<i>Калашиникова Т.И., Белов Ю.С.</i>	19
О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СВЕТОВЫХ МЕЛЬКАНИЙ	
<i>Оруджова О.Н., Шабунина Н.В.</i>	25
МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ЭКСТРЕННЫХ СИТУАЦИЯХ	
<i>Цуриков А.Н., Ракитская Е.А.</i>	30

CONTENTS

Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

OCEANOLOGIC RESEARCH BY SURFACE MARINE DRONES OF HIGH AUTONOMY	
<i>Gorlov A.A.</i>	5
APPROACHES TO INVESTIGATION OF MULTI-COMPATIC MECHANICAL SYSTEMS FOR THE ESTABLISHMENT OF TECHNICAL COMPLEXES IN OCEANOLOGY	
<i>Zaretskiy A.V., Liskin V.A.</i>	14
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE INITIAL NUMBERS OF WORKERS ON THE MODEL OF WORKFORCE PLANNING TAKING INTO ACCOUNT THE PSYCHOPHYSICAL STATE OF A PERSON	
<i>Kalashnikova T.I., Belov Yu.S.</i>	19
ABOUT STANDARDS QUALIFYING DEVICES FOR DETERMINING OF CFCM	
<i>Orudzhova O.N., Shabunina N.V.</i>	25
MOBILE APPLICATIONS FOR ALERTS ABOUT EMERGENCIES	
<i>Tsurikov A.N., Rakitskaya E.A.</i>	30

УДК 551.46.06/.41.09

**ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫМИ
БЕСПИЛОТНИКАМИ ПОВЫШЕННОЙ АВТОНОМНОСТИ****Горлов А.А.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: oceangorlov@yahoo.com*

С целью всестороннего изучения и освоения Мирового океана необходимо объединение усилий научной общественности всего мира путём многократного увеличения масштабов использования различных новых технологий: автономных морских измерительных платформ с разнообразными датчиками и инструментами, разных средств и систем морской робототехники, а также новых исследовательских методов и программ. При этом важнейшую роль играют координация и связь между поверхностными, подводными, воздушными беспилотниками и спутниками с обеспечением доступа к данным в режиме реального времени, для чего применяются различные типы морских поверхностных беспилотников повышенной автономности, наиболее востребованными из которых на сегодняшний день являются глайдеры «Wave Glider» (США). Подобные средства автономной морской робототехники могут позволить эффективно, со значительно меньшими затратами проводить океанологические исследования по многим научным направлениям Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Для разработки научных программ использования океанских беспилотников с минимальным привлечением экспедиционных научно-исследовательских судов важен анализ имеющегося зарубежного опыта в этой области. В настоящей статье рассматриваются наиболее значимые примеры практического использования поверхностных морских беспилотников для гидрофизических, климатических, геологических, биологических и других исследований Мирового океана.

Ключевые слова: океанологические исследования, научные программы, морская робототехника, поверхностные беспилотники, волновой глайдер, Мировой океан

**OCEANOLOGIC RESEARCH BY SURFACE MARINE DRONES
OF HIGH AUTONOMY****Gorlov A.A.***P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, e-mail: oceangorlov@yahoo.com*

For the purpose of comprehensive study and development of the World Ocean, it is necessary to unite the efforts of the scientific community of the world by repeatedly increasing the scale of the use of various new technologies: autonomous marine measuring platforms with various sensors and instruments, various means and systems of marine robotics, and new research methods and programs. At the same time coordination and communication between surface, underwater, aerial drones and satellites with access to data in real-time mode is of the utmost importance, for which various types of surface sea drones of increased autonomy are used, the most popular of which today are gliders «Wave Glider» (USA). Such means of autonomous marine robotics can allow carrying out oceanographic studies in many scientific directions of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences efficiently, with much lower costs. To develop scientific programs for the use of ocean drones with minimal involvement of expeditionary research vessels, an analysis of the available foreign experience in this field is important. In this article, the most significant examples of the practical use of surface marine drones for hydrophysical, climatic, geological, biological and other studies of the World Ocean are considered.

Keywords: oceanological research, scientific programs, marine robotics, surface drones, wave glider, the World Ocean

В последние десятилетия существенно уменьшилась возможность проведения необходимого числа экспедиций для изучения Мирового океана, как в России, так и за рубежом. Это связано в первую очередь с тем, что стоимость топлива для обеспечения плавания научно-исследовательских судов и судов – носителей привязанных и автономных подводных аппаратов (АНПА) стала очень высокой, при этом работы только с одним аппаратом могут продолжаться месяцами, что определяет значительные эксплуатационные расходы. Они могут многократно возрастать, если потребуются проведение работ в различных акваториях десятками обычных АНПА с ограниченным сроком эксплуатации, требующим частых подъемов аппара-

тов на борт судна-носителя для подзарядки аккумуляторов. Поэтому повышение срока непрерывного действия (автономности) морских беспилотников является важнейшей задачей инвестиционной привлекательности, направленной как на расширение возможностей числа и типов самих средств морской робототехники, так и различных научных программ их применения. Существенное повышение автономности АНПА может быть достигнуто за счет комбинированных ВИЭ, установленных непосредственно на борту аппарата, а также путем использования для движения морских беспилотников различных видов энергии океана (солнца, волнения, ветра, температурного градиента). Неограниченные ресурсы различных видов морской возобнов-

ляемой энергии, в сочетании с новейшими разработками в области измерительной техники, гидроакустики, микроэлектроники, технологий связи и программного обеспечения позволяют создавать новые уникальные автономные многофункциональные технические средства освоения Мирового океана длительного срока действия, а также обеспечить полную автоматизацию непрерывных наблюдений, сбора и обработки информации океанологических исследований [1]. Морские беспилотники повышенной автономности могут позволить эффективно, со значительно меньшими затратами проводить разнообразные океанологические исследования практически по всем научным направлениям, которые представлены в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН, непрерывно и долговременно обеспечивая ученых необходимыми данными.

Цель исследования: для развития очень важно определить, какие научные программы возможно выполнять полностью с помощью АНПА длительной автономности, а для каких обязательно требуются научно-исследовательские суда. Отечественный опыт, необходимый для решения этих вопросов, пока отсутствует, поэтому целесообразно рассмотреть наиболее значимые примеры зарубежной практики использования поверхностных морских беспилотников для исследования Мирового океана. С этой целью очень полезен анализ научных программ, выполняемых одним из самых востребованных в настоящее время для исследований и мониторинга акваторий поверхностным беспилотником «Wave Glider» (рис. 1), созданным компанией «Liquid Robotics» (США). Для своего движения этот глайдер использует энергию колебаний поверхностного волнения, которое существенно уменьшается с глубиной [1, 2].



Рис. 1. Волновой глайдер «Wave Glider» в открытом океане

Волновой АНПА «Wave Glider» (рис. 2) состоит из поплавка (1) на поверхности и соединенного с ним тросом-кабелем (2) подводного глайдера (3), скользящего на глубине около 7 м.

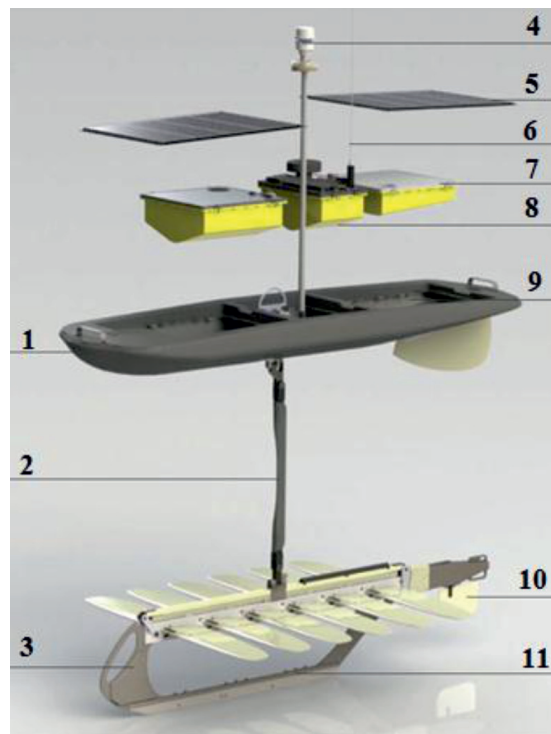


Рис. 2. Устройство волнового глайдера «Wave Glider»

Шесть поперечных крыльев, закреплённых шарнирно на подводном глайдере с несущей рамой (11), обеспечивают тяговую силу движения аппарата, который может развивать скорость до 2 узлов независимо от направления волнения. В корпусе поплавка (9) размещены два герметичных блока с электроникой (7) и блок с системой управления (8). Сверху каждого блока на поверхности поплавка установлены две панели солнечных элементов (5) со спутниковой антенной, а также короткая мачта между ними для гидрометеорологических датчиков (4) и система (6) автоматической идентификации (AIS). Для измерительных блоков, бортовой электроники и связи используются ионно-литиевые аккумуляторы, подзаряжаемые от солнечных элементов. Программное обеспечение позволяет оператору с судна или с берега управлять рулем глайдера (10) любого волнового беспилотника при помощи оснащенного интернетом компьютера с использованием спутниковой связи системы Iridium.

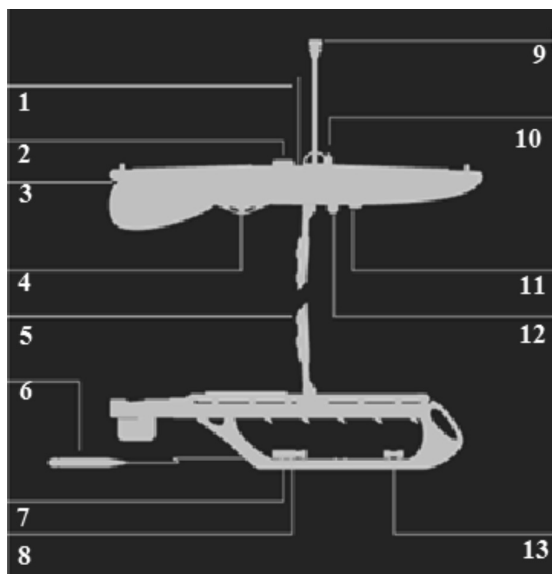


Рис. 3. Расположение основных датчиков и акустических приборов на волновом глайдере

На корпусе поплавка (рис. 3) кроме станции погоды (9) установлены волнограф (3), система AIS (1), антенна спутниковой связи (2), фотокамера (10), а под днищем – видеокамера (12), акустический доплеровский измеритель течений ADCP (4) и акустический телеметрический модем (11). В герметичном приборном боксе размещены система GPS, бортовой компас, система управления и навигации с точностью до 3 м. На несущей раме подводного глайдера закреплены датчики температуры (7), проводимости (8), флуометр (13) и гидрофон (6). Сессии спутниковой связи для уточнения местоположения и передачи данных или команд управления обычно проводятся через каждые 5 или 15 мин. При выполнении в океане различных миссий волновые глайдеры оказались очень надежными, проходя без остановки тысячи миль в течение полугода и более, иногда в очень суровых условиях при волнении более 7 м высотой и ветре более 50 узлов.

Физика океана и морей, климатология

По программе PACX (США) в 2012 г. четыре глайдера «WaveGlider» в автономном плавании из Сан-Франциско достигли Гавайских островов, затем два из них со скоростью в 0,7–1,0 узлов прошли через Тихий океан к берегам Японии, а два в Австралию. При этом обширная океанологическая информация с интервалом 10 мин поступала непрерывно от всех глайдеров в интернет в реальном масштабе времени, что делало ее доступной всем ученым мира на сайте

Google Earth. На каждом АНПА проводилось измерение гидрометеорологических данных, волнения, течения, температуры воздуха и воды, солёности, флуоресценции, содержания растворенного кислорода и хлорофилла, акустики поведения морских животных и рыб и т.п. За время плавания с острова Гавайи аппараты были в океане непрерывно более 300 дней, прошли в совокупности более 34000 морских миль и передали более 2,2 млн показаний своих датчиков с высоким разрешением [2]. Другим примером метеорологических и гидрофизических исследований является работа волновых глайдеров непосредственно в эпицентре ураганов, таких как сильнейший за последние 40 лет тайфун Rammasun, ураган Isaacs и другие. При этом даже в центре «глаза» ураганов производились измерения температуры поверхностного воздуха, скорости и направления ветра, атмосферного давления, ветра, температуры и солёности океана. Эти данные передавались в береговой Центр сбора данных в реальном масштабе времени для оперативного прогноза развития урагана. Поверхностные беспилотники эффективно используются также в высоких широтах. Так, Институт по изучению атмосферы и океанов (NOAA PMEL, США) с помощью двух «Wave Glider» провел 900000 измерений за два месяца работы в арктическом море Бофорта [3]. Основной задачей являлись экономически обоснованные устойчивые наблюдения в ледовых условиях температуры воздуха и воды в слое толщиной 6 м, вызванные аномально высокой температурой воздуха летом и осенью в течение последних шести лет. Такая картина наблюдалась на большой площади континентального шельфа, где обычно преобладали низкие температуры и морской лед. Использование глайдеров обошлось гораздо дешевле, чем работы традиционными судами. Океанские беспилотники широко используются также для других разнообразных гидрофизических и акустических измерений температуры, солёности, скорости течений, турбулентности и т.п. Перспективной задачей для них является получение необходимых данных в районах, где по спутниковым данным было обнаружено цветение водорослей, загрязняющих воду и негативно влияющих на жизнь моллюсков, рыб, млекопитающих и птиц. Морские беспилотники в автономном плавании направляются в эти районы и проводят отбор проб воды и измерение уровня цветения с помощью датчика хлорофилла в режиме реального времени. В настоящее время во всем мире на суше размещено более 70 000 метеорологических станций, а во

всех океанах не более 1200 станций, хотя именно процессы взаимодействия океана и атмосферы определяют глобальную погоду. Поэтому необходимо иметь в океане гораздо большее число различных метеорологических датчиков, но увеличение числа буев является очень дорогостоящей задачей. Спутниковые показания также не могут обеспечить устойчивое получение данных. Новым решением этой проблемы является сбор необходимых метеорологических и океанографических данных для улучшения моделей погоды и её прогнозирования с помощью сети относительно недорогих беспилотников, подобных «Wave Glider». Преимуществом использования беспилотников является также их большая надежность, возможность гибкой адаптации к меняющимся условиям и требованиям, непрерывное, длительное использование в течение года и более непосредственно в заданном районе путем динамического позиционирования, независимость от облачного покрова, возможность более точной предварительной обработки данных прямо в точке измерений. Кроме того, в отличие от буев, сети океанских беспилотников могут проводить распределенные пространственные измерения с передачей данных в реальном масштабе времени на больших площадях с дистанционным изменением конфигурации всей сети из Центра управления.

Исследования океанских течений

Компания Teldyne RDI оборудует различные морские суда по всему миру акустическими доплеровскими профилографами течений (ADCP) для выполнения двухмерного (по горизонтали и вертикали) измерения движения водных масс под поверхностью Мирового океана. Это позволяет получать данные о пространственных изменениях океана и атмосферы. Оказалось, что эксплуатация для этих целей поверхностных беспилотников гораздо эффективнее и дешевле [4]. Оснащение волновых глайдеров профилографами ADCP позволяет долговременно, непрерывно и более просто проводить океанологические исследования взаимодействия океанской и воздушной среды, отображать в реальном времени циркуляции потоков в труднодоступных, редко наблюдаемых районах океана. Появляется возможность дистанционной перенастройки ADCP непосредственно во время выполнения очередной научной программы, например для изменения периода усреднения при обработке данных или конфигурации текущего профиля. Полученные результаты могут быть также использованы для управления процессами рыбной ловли,

индикации явления Эль-Ниньо и других задач мониторинга морской среды. Проверка точности акустических профилей, полученных ADCP, установленными под днищами поплавков беспилотников «Wave Glider», выполнялась компанией Teldyne RDI около острова Гавайи путем сравнения с показаниями донного контрольного ADCP. Полученные данные подтвердили эффективность беспилотников для акустического мониторинга. Испытания проводились при волнении высотой до 7 м.

Геология – природные катастрофы и опасные явления в Мировом океане

Ученые Института океанографии Скриппса (США) разработали проект глобального долговременного мониторинга землетрясений и предупреждения о цунами на базе глубоководной сети донных сейсмометров и постоянного накопления и ретрансляции данных от них на береговую базу в режиме реального времени, выполняемых поверхностными волновыми глайдерами (функция Data Centre & Gate Way) с помощью гидроакустических модемов [5]. Этот позволяет существенно экономить средства на проведение наблюдений по сравнению с традиционными судовыми методами. Расширив сеть сейсмографов и имея постоянно несколько глайдеров в заданных регионах океана, можно значительно увеличить зону глобального покрытия океанского дна и наиболее оперативно оценивать опасность наступления землетрясения или цунами (рис. 4).

Даже 10 минут раннего предупреждения о грядущем цунами могут иметь огромное значение для спасения населения прибрежных районов. Данные от такой сети будут использоваться также в проекте всемирных долговременных сейсмических наблюдений IDA (International Deployment of Accelerometers). Необходимость иметь системы обнаружения цунами стала ясна в 2011 г., после землетрясения Тохоку, в результате которого возникли гигантские волны, повредившие атомную электростанцию на Фукусиме и погубившие тысячи людей вдоль северо-восточного побережья Японии. В 1000 км южнее столицы Токио морской вулкан Nishinoshima в 2013 г. извергал десятки раз раскаленную лаву. Если произойдет обрушение скалистых склонов во время извержения, то это может вызвать смертельное цунами, которое достигло бы соседнего острова Огасавара в течение 20 минут. В 2017 г. вокруг вулкана Nishinoshima в течение трех месяцев была опробована система непрерывного мониторинга с использованием беспилотников «Wave Glider», которая подтвердила свою

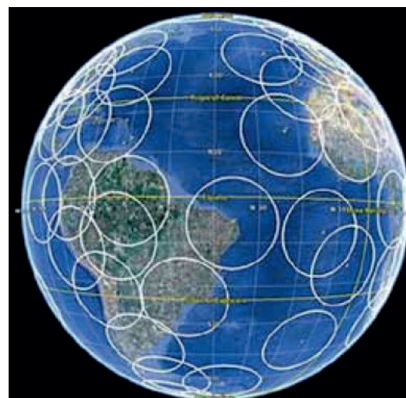


Рис. 4. Использование беспилотника «Wave Glider» по сейсмической программе: схема барражирования глайдера над сейсмографом (слева) и расширение глобальной зоны покрытия (справа)

эффективность. Предполагается развернуть широкую сеть таких беспилотников в районах островов Японии, в которых находится свыше 10% всех подводных вулканов в мире. Летом 2018 г. Гавайской вулканической обсерваторией Геологической службы США и Исследовательским институтом аквариумов Монтерей-Бей (MBARI) началось уникальное использование двух «Wave Gliders» для непрерывного сбора данных в режиме реального масштаба времени о динамике лавового потока, извергающегося в прибрежные воды из активного вулкана Kilauea, в экстремальных, не пригодных для людей, условиях высокой температуры воды и токсичных вулканических газов [6]. С этой целью волновые глайдеры, передвигающиеся галсами примерно на расстоянии 300 м от потока лавы, оснащены сложным комплексом метеорологических, океанологических и акустических датчиков, в частности измерителей температуры воды, уровня кислорода, уровня pH, солёности, мутности и проводимости. Ученые из MBARI также разработали инновационную аппаратуру и программное обеспечение для отслеживания движения активных лавовых потоков с помощью постоянного измерения беспилотниками тепловых фронтов на основе горизонтального градиента приповерхностных температур. Эти исследования позволят определить, насколько далеко и глубоко лавовый поток распространяется под водой и как он может воздействовать на окружающие экосистемы.

Цикл углерода и геохимические процессы в океане

Для того, чтобы качественно прогнозировать изменения климата, необходимо непрерывно получать огромное количество данных о процессах взаимодействия океана и атмосферы. С этой целью требуется, в частности, увеличение пространственного и временного охвата наших наблюдений за обменом CO_2 , O_2 и N_2 на границе двух сред. Волновые планеры работают на поверхности и позволяют обеспечить долговременный мониторинг в удаленных районах морей и океанов, с отбором данных, которые ранее трудно было получить. Одним из подобных примеров являются постоянные измерения содержания углекислого газа в водах Тихого океана на западе США, проводимые экологической лабораторией (PMEL) при NOAA с помощью «WaveGlider» [2]. Получаемые данные очень важны также для обеспечения успешного выращивания устриц вдоль побережья.

Биология и экология морей и океанов, биологическая продуктивность

После крупной аварии нефтяной платформы компании BP, с помощью четырех волновых глайдеров «WaveGlider», стал проводиться постоянный экологический мониторинг в Мексиканском заливе, контролируя многочисленными датчиками качество воды и содержание углеводородов, а также выполняя отслеживание

морских млекопитающих с помощью акустической аппаратуры. Департамент сельского и лесного хозяйства и рыболовства (DAFF) в Южной Африке провел тестирование применения «Waid Glider» для исследования доступных рыбных запасов в своей исключительной экономической зоне, обширной акватории площадью около 1,5 млн км². Рыболовство является жизненно важной частью местной экономики. Акустические исследования миграции рыбы всегда играли решающую роль в планировании использования этих ресурсов, установлении суммарного годового допустимого улова, помощи рыболовецким судам в поисках рыбы. Но использование судов для проведения таких гидроакустических исследований очень дорого, что ограничивает продолжительность и число морских экспедиций. Возможность длительно, непрерывно собирать данные о миграции рыб поверхностными беспилотниками позволяет решить эти экологические и экономические вопросы [7]. Совет научных и промышленных исследований (CSIR) совместно с DAFF в 2014 г. впервые с успехом использовал на беспилотниках «Wave Glider» многолучевые эхолоты SIMRAD совместно с метеорологическими и океанологическими датчиками для исследований климатических данных и запасов рыбы на маршруте в 121 км между островами Роббен и Дассен (рис. 5).

В последующие годы были проведены более длительные аналогичные исследования, показавшие, что помимо значительного повышения эффективности обследований пелагических рыбных запасов возможно использовать волновые глайдеры для оценки численности кормовых рыб и их распространение вокруг островов, где размножаются пингвины. CSIR успешно продемонстрировала, что флот Waid Gliders сможет длительно, непрерывно собирать акустические данные о промысле с гораздо меньшими общими затратами, что позволит местным государственным южноафриканским организациям лучше отслеживать рыбные запасы, управлять рыболовством и получить реальную экономическую и экологическую выгоду. Подобные долговременные программы изучения рыб и океанских животных (дельфинов, китов, атлантического лосося и других) с использованием волновых глайдеров выполняют ученые Института океанографии Скриппса. На обширной акватории залива Монтерей команда специалистов Стэнфордского университета (Stanford University's Blue)

и Морской станции Хопкинса (Marine Station, Hopkins) долговременно отслеживает глайдерами «Waid Gliders» больших белых акул, помеченных акустическими датчиками. Раньше такие исследования практически невозможно было выполнять, только тогда, когда акулы проходили непосредственно около стационарно установленных для этой цели буев. Ещё одним примером эффективного использования волновых глайдеров для морской биологии является проект Океанологического исследовательского центра (WSORC) годового мониторинга в режиме реального времени глубины и направления перемещения находящихся под угрозой исчезновения китовых акул в водах острова Утила (Гондурас). С этой целью на беспилотниках были установлены специальные гидрофоны, позволяющие принимать сигналы от любой акулы с акустической меткой, установленной на спинном плавнике и испускающей акустический импульс через каждую минуту [8]. Буксируемый беспилотником дополнительный двухчастотный эхолот BioSonics (70 кГц и 200 кГц) позволяет получать данные с высоким разрешением, которые могут быть основой для анализа различной информации: батиметрия, состав грунта (песок, ил или каменистый), количественных оценок биомассы рыб и другие организмов, наличие пограничных слоев в толще воды и т.д. Данные представляются в виде эхogramм, на которых время откладывается по горизонтальной оси, полученные величины по вертикальной оси, интенсивность акустических сигналов определяются соответствующей цветовой гаммой.

Правоохранительный контроль в морях и океанах

В настоящее время более одной пятой ежегодного глобального вылова рыбы, оцениваемого примерно в 23,5 млрд долл. США, используется незаконно, поскольку рыбаки превышают квоты, добывают рыбу в охраняемых районах или используют запрещенные методы, такие как дрейфтерные сети или взрывчатку. Также наблюдается регулярный сброс судами в воду загрязняющих веществ и нефтепродуктов, который, по некоторым оценкам, достигает около 276 000 т в год, что равно половине объема нефти, попавшей в море во время катастрофы платформы Deepwater Horizon в Мексиканском заливе [9]. Обеспечение постоянного контроля за незаконным выловом рыбы и другими противоправными действиями на акваториях исключительной экономической зоны

государств, а тем более в открытом океане, является очень дорогой и практически невыполнимой задачей. Например, стоимость эксплуатации корабля береговой охраны достигает 3000 долл. США в час, а пилотируемого экипажем самолета составляет более 10 000 долларов США за час полета. К тому же такими средствами осуществлять контроль незаметно для правонарушителей практически невозможно. Поэтому всё большее внимание привлекают малозаметные, бесшумные океанские беспилотники, способные обеспечить более гибкое и экономически эффективное патрулирование больших акваторий. Одним из примеров таких программ является многолетний проект Управления национальных морских заповедников NOAA (ONMS) использования волновых глайдеров для долгосрочного экологического мониторинга и охранного патрулирования сети подводных парков на акватории Га-

вайских островов и Американских Самоа в Тихом океане [10]. Широкому использованию волновых глайдеров и других технических средств морской робототехники способствует постоянное снижение затрат на их строительство и эксплуатацию, повышение скорости и снижение стоимости систем широкополосной спутниковой связи, совершенствование программного обеспечения беспилотников. Особые перспективы для обеспечения морского контроля открывает возможность длительной автономной работы десятков океанских глайдеров одновременно от нескольких месяцев до нескольких лет за счет использования солнечной энергии и различных видов возобновляемой энергии океана. Ожидается создание целых региональных парков морских воздушных, поверхностных и подводных патрульных беспилотников, способных на согласованные, взаимодополняющие действия.

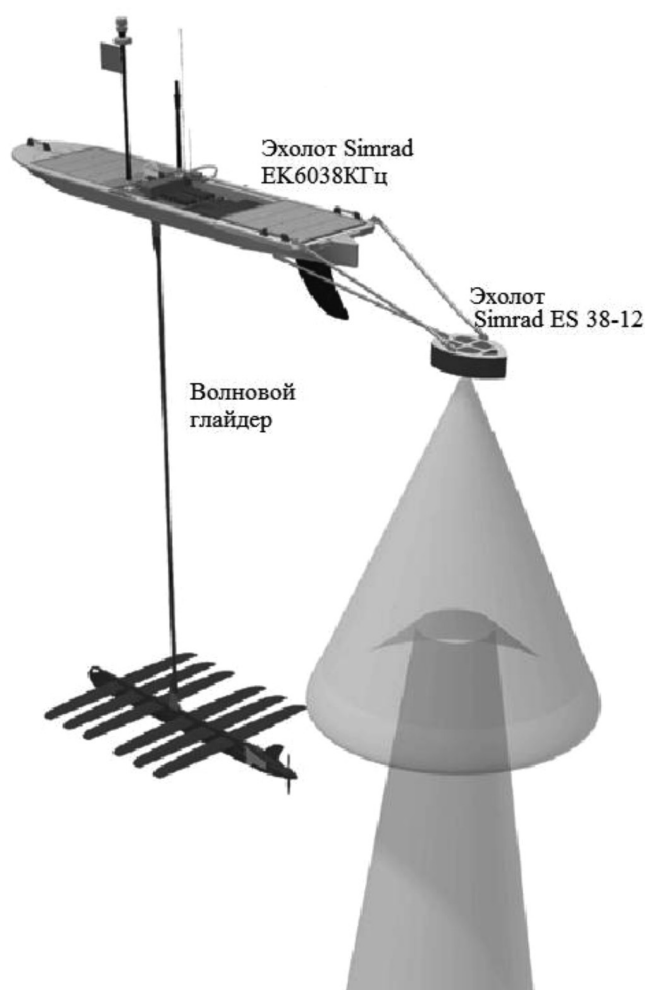


Рис. 5. Акустическая система беспилотника «Wave Glider» для исследования рыбных ресурсов

Комплексное использование беспилотников

Летом 2018 г. поверхностные беспилотники, работающие в открытом океане примерно в 1000 морских милях от побережья Южной Калифорнии, обнаружили северо-тихоокеанский субтропический фронт – резкую границу, где холодные пресные воды с севера встречаются теплые соленые воды с юга. Такие фронты являются очень интересными океанографическими явлениями, и для его изучения в этот район было отправлено научно-исследовательское судно «Falko» американского Института океана Шмидта (Schmidt Ocean Institute), несущее на борту целую флотилию подводных, поверхностных и воздушных средств робототехники [11]. Целью экспедиции являлась демонстрация нового подхода океанологических исследований, основанного на совместном использовании распределенной сети различных типов океанских беспилотников для обнаружения, отслеживания и измерения сложных динамических процессов с высокой точностью в больших пространственных и временных масштабах. На месте в течение трех недель непрерывно работали поверхностные глайдеры, подводные беспилотники в сумме прошли более 1000 морских миль, а беспилотные летательные аппараты выполнили 25 полетов с общим временем в воздухе около 10 часов. Всё это позволило, вместо взятия точечных измерений с борта одного судна в одном месте, изучить с минимальными затратами гораздо большую площадь с высоким разрешением в пространстве и времени. Разработанное учеными новое программное обеспечение «Neptus and Ripples» и «Open Space Center» позволило им через интернет постоянно отслеживать и координировать всю сеть беспилотников в режиме реального времени, а также управлять научными программами всех средств автономной робототехники, работая непрерывно без остановок только с одним оператором. Полученные результаты экспедиции и практический опыт комплексного использования сети океанских беспилотников могут быть применены к другим важным направлениям океанологических исследований, таким как изменение климата, подкисление океана, оценка ресурсов рыбного промысла, загрязнение акваторий, ухудшение биологической среды обитания, экологическая безопасность от донной добычи полезных ископаемых и другим явлениям, влияющим на глобальную устойчивость Мирового океана.

Заключение

Проведенный анализ подтверждает большие функциональные возможности беспилотников «Wave Glider» и целесообразность инвестирования в проекты морской робототехники на базе возобновляемой энергетики океана. Это становится тем более актуально, если учитывать, что средний износ научно-исследовательских судов России превышает 80% и что они могут оказаться в ближайшие годы полностью неработоспособными [1]. Наиболее эффективным выходом из создавшейся ситуации является ускоренное развитие океанских средств робототехники долговременной автономности и широкое внедрение элементов автоматизированной системы океанологических исследований на базе возобновляемой энергетики океана (АСОИ ЭО – Digital Ocean) [1]. Основная цель этой концепции ИО РАН – автономный, непрерывный, долговременный сбор, передача и накопление больших массивов (Big Data) океанских данных в реальном масштабе времени. Высокое качество моделей и прогнозов на базе таких массивов данных позволит получать уникальные научные результаты, а также предотвратить или сократить ущерб от природных и техногенных катастроф, сохранить жизнь многих людей и избежать многомиллиардных потерь. Возможность в масштабах всех заинтересованных ведомств страны, при выполнении наблюдений на шельфе и в океане, во многих случаях отказаться от использования морских судов, также может обеспечить снижение на сотни миллионов долларов эксплуатационных расходов и обеспечить переход к новой парадигме долговременных непрерывных автоматизированных глобальных наблюдений в Мировом океане с гораздо меньшими затратами и уникальными возможностями сбора, анализа, передачи и накопления информации.

Список литературы

1. Горлов А.А. Морские беспилотники долговременной автономности на базе ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 4. С. 30–41.
2. Горлов А.А. Возобновляемые источники энергии для повышения эффективности исследований Мирового океана // Энергетический вестник Международного центра устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО. 2014. № 18. С. 14–32.
3. Wood K.R. [et al.]. Is there a «new normal» climate in the Beaufort Sea? Polar Research. 2013. Vol. 32. P. 1–9 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.polarresearch.net/index.php/polar/article/view/19552/html> (дата обращения: 11.08.2018).
4. Equipping Wave Gliders with ADCPs. A Flexible & Economical Approach to Monitoring Upper-Ocean Currents. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.njaszenith>.

com.ph/wp-content/uploads/2018/05/TM-RDI-ADCPs-on-WG-Case-Study-MK-v4-proof-spreads.pdf (дата обращения: 05.08.2018).

5. New NSF Grant Pairs Green Ocean Technology with Needed Earthquake Sensors. 2011 [Электронный ресурс]. URL: https://ucsdnews.ucsd.edu/pressrelease/new_nsf_grant_pairs_green_ocean_technology_with_needed_earthquake_sensors (дата обращения: 27.07.2018).

6. Wave Gliders Collect Live Ocean Data from Hawaii's Kilauea Volcano Lava Flow. Globe Newswire. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://globenewswire.com/news-release/2018/06/25/1528725/0/en/Wave-Gliders-Collect-Live-Ocean-Data-from-Hawaii-s-Kilauea-Volcano-Lava-Flow.html> (дата обращения: 02.08.2018).

7. Liquid Robotics Glider for Fish Stock Assessment. 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bluezone-group.com.au/announcements/liquid-robotics-wave-glider-for-fish-stock-assessment> (дата обращения: 27.07.2018).

8. Whale sharks' secrets revealed by live-tracking aquatic drones. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.newscientist.com/article/2118755-whale-sharks-secrets-revealed-by-live-tracking-aquatic-drones> (дата обращения: 15.07.2018).

9. If drones ruled the waves. Avast, me hearties. How aquatic, autonomous robots could reduce lawlessness at sea. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.economist.com/the-world-if/2018/07/07/avast-me-hearties> (дата обращения: 08.08.2018).

10. NOAA and Liquid Robotics Collaborate to Protect Marine Sanctuaries. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oceannews.com/news/subsea-intervention-survey/noaa-and-liquid-robotics-collaborate-to-protect-marine-sanctuaries> (дата обращения: 20.07.2018).

11. Fleet of Aerial, Surface and Underwater Robots Maps Ocean Front. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ecomagazine.com/news/science/fleet-of-aerial-surface-and-underwater-robots-maps-ocean-front> (дата обращения: 22.07.2018).

УДК 551.46.09

ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ МНОГОСВЯЗНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ АППАРАТУРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Зарецкий А.В., Лискин В.А.*Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, e-mail: liskin@ocean.ru*

Предложены подходы к исследованию многосвязных механических систем, методы и соответствующие технические средства. До настоящего времени не существует общего решения задачи взаимодействия двух тел через гибкую нить. В данной работе делается попытка получить достаточно полную математическую модель динамики рассматриваемой механической системы, на основе аналитической механики многосвязных систем с голономными связями. Модель составляется в форме наиболее удобной для реализации в компьютерных системах. Рассмотренный способ построения математических моделей подводных механических систем с голономными связями позволяет создавать компьютерные инструментальные среды для проектирования подводных робототехнических систем, а также создает предпосылки для разработки средств и методов аналитического конструирования подводных неуправляемых и управляемых многосвязных объектов. Обширный класс многосвязных систем может быть определен как механическая система двух твердых тел с гибкой связью. С поведением двух тел с гибкой связью в океанической среде связаны такие операции, как установка буйковых станций на течения, буксировка поврежденного судна, буксировка буровых платформ несколькими буксирами, буксировка над дном океана носителей океанографической аппаратуры и др. В зависимости от наличия активных движителей на устройствах, входящих в состав данных систем, весь класс систем можно разделить на три типа: полностью пассивная система, в которой ни одно из двух тел не обладает движителями, активная система, в которой оба тела имеют движители, и система комбинированного типа. Предложена технология построения компьютерных моделей подводных робототехнических систем различного назначения, основанная на опыте создания обитаемых подводных аппаратов разных типов и многолетних теоретических исследований в области подводной робототехники.

Ключевые слова: многосвязные механические системы, технические комплексы, гибкие связи, многозвенная аппроксимация

APPROACHES TO INVESTIGATION OF MULTI-COMPATIC MECHANICAL SYSTEMS FOR THE ESTABLISHMENT OF TECHNICAL COMPLEXES IN OCEANOLOGY

Zaretskiy A.V., Liskin V.A.*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: liskin@ocean.ru*

Approaches to the study of multiply connected mechanical systems, methods and corresponding technical means are proposed. To date, there is no general solution to the problem of the interaction of two bodies through a flexible thread. In this paper, an attempt is made to obtain a fairly complete mathematical model of the dynamics of the mechanical system under consideration, based on the analytical mechanics of multiply connected systems with holonomic constraints. The model is compiled in the form most convenient for implementation in computer systems. The considered method of constructing mathematical models of underwater mechanical systems with holonomic constraints makes it possible to create computer tool environments for the design of underwater robotic systems and also creates prerequisites for the development of tools and methods for analytical design of underwater uncontrolled and controllable multiply connected objects. An extensive class of multiply connected systems can be defined as a mechanical system of two rigid bodies with flexible coupling. With the behavior of two bodies with a flexible connection in the oceanic environment, such operations as the installation of buoy stations on the current, the towing of a damaged ship, the towing of drilling platforms by several tugs, the towing of oceanographic equipment above the ocean floor, etc. are associated. Depending on the presence of active propellers on devices included in these systems, the whole class of systems can be divided into three types: a completely passive system in which neither of the two bodies has propulsion, an active system in which both have propellers and a system of combined type. A technology is proposed for building computer models of underwater robotic systems for various purposes, based on the experience of creating uninhabited underwater vehicles of various types and long-term theoretical studies in the field of underwater robotics.

Keywords: multiply connected mechanical systems, technical complexes, flexible connections, multi-tier approximation

Технические комплексы, представляющие собой многосвязные механические системы, широко используются в океанологии. Это касается буксировки надводных и подводных судов, взаимодействия подводных аппаратов и роботов с обеспечивающим судном и ряд других задач, например постановка буйковых станций. Такие комплексы, выполняющие указанные задачи,

в самом общем случае можно представить как совокупность абсолютно твердых тел с голономными и неголономными связями. Конфигурация таких систем может быть достаточно сложной, обладающей как структурой дерева, так и кольцевой структурой. Кроме того, при проектировании подводных робототехнических систем существенное значение приобретает компьютерное моде-

лирование поведения исследуемого объекта. Компьютерное моделирование при наличии адекватных натуре математических моделей позволяет в значительной мере сократить сроки и стоимость разработки.

Подходы к исследованию многосвязных механических систем

Обширный класс многосвязных механических систем может быть определен как механическая система двух твердых тел с гибкой связью. С поведением двух тел с гибкой связью в океанической среде связаны такие операции, как установка буйковых станций на течении, буксировка поврежденного судна, буксировка буровых платформ несколькими буксирами, буксировка над дном океана носителей океанографической аппаратуры и др. Возможные приложения задачи двух тел с гибкой связью в океанологической практике представлены на рис. 1. В зависимости от наличия активных движителей на устройствах, входящих в состав данных систем, весь класс систем можно разделить на три типа: полностью пассивная система, в ко-

торой ни одно из двух тел не обладает движителями, активная система, в которой оба тела имеют движители, и система комбинированного типа.

Механическая система IV принадлежит к активному типу систем, I – к пассивному, а системы II и III – к комбинированному типу. Управляющие силы $\bar{R}$ приложены к центрам инерций – С, активных тел. Целым рядом исследователей велось изучение отдельных элементов, составляющих механическую систему двух тел с гибкой связью в приложении к морской практике. Общеизвестны работы по теории судна, подводных аппаратов. Имеется многочисленная литература, посвященная описанию поведения кабель-троса и др. Различия в исходных предпосылках, математическом аппарате составления моделей не позволяют полностью оценить все многообразие взаимодействий отдельных частей системы. Поэтому представляется целесообразным создание математической модели механической системы двух тел с гибкой связью с единых позиций, на основе аналитической механики многосвязных систем [1, 2].

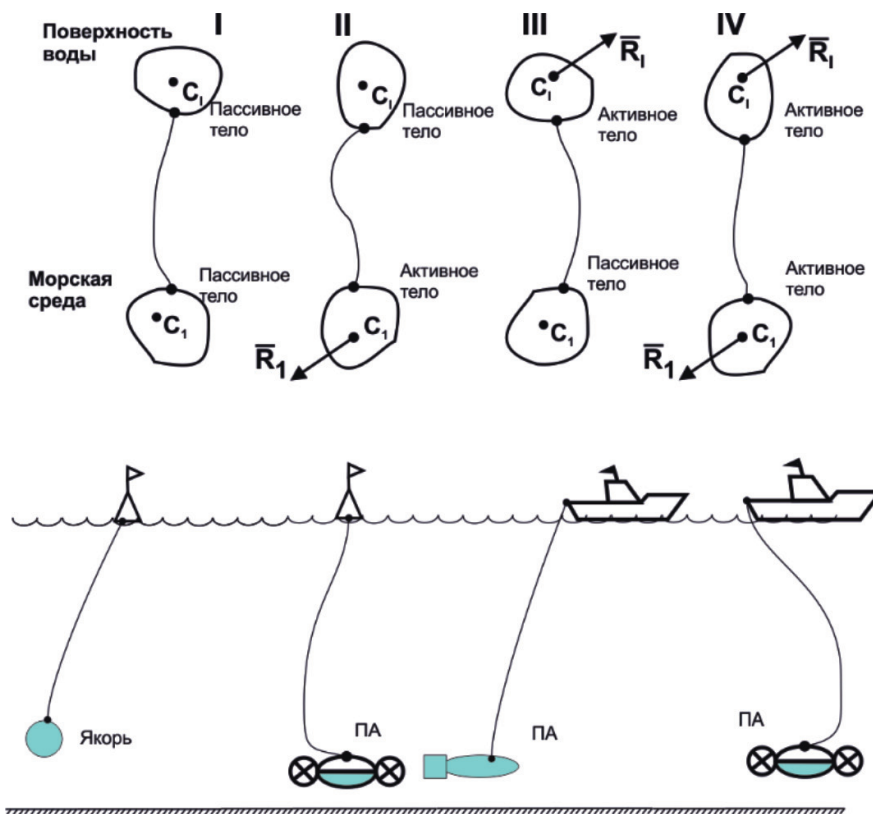


Рис. 1. Буй на плавучем якорю – I; Подводный аппарат с выброшенным на поверхность моря буюм связи – II; Буксировка подводного аппарата судном – III; Привязной телеуправляемый подводный аппарат, имеющий связь с обеспечивающим судном через кабель-трос – IV

*Анализ подводных
робототехнических систем*

В обобщенном виде подводную робототехническую систему можно представить как погруженную в жидкость механическую систему твердых тел, имеющую в своем составе гибкие связи. При этом твердыми телами являются надводные и подводные плавсредства (суда, баржи, понтоны, подводные лодки и др.), подводные аппараты (телеуправляемые, буксируемые, автономные) и вспомогательные устройства (заглубители, буи, плавучести, грузы и т.п.). Гибкими связями будут являться цепи, тросы, канаты и т.п. С учетом вышесказанного математическая модель подводных робототехнических систем может строиться в виде дифференциальных уравнений динамики системы твердых тел, с гибкими связями в жидкости.

Прежде всего, следует провести анализ механических структур робототехнических систем. Однако, прежде чем приступить к структурному анализу, необходимо ввести некоторые ограничения на свойства предмета исследования.

Эти ограничения следующие.

Тела, входящие в робототехническую систему, например такие как надводные и подводные плавсредства, подводные аппараты, буи, плавучести, грузы и т.п. объекты, рассматриваются как абсолютно твердые, имеющие в общем случае 6 степеней свободы.

Гибкие связи, например, такие как цепи, тросы, канаты и т.п., рассматриваются как абсолютно гибкие нерастяжимые (идеальные) нити. Под идеальной нерастяжимой гибкой нитью обычно понимают линейный материальный континуум, который может принимать произвольную форму в пространстве. В идеальной гибкой нити существует только сила вдоль её касательной (сила натяжения), изгибающий и крутящий моменты отсутствуют. Если физико-механические характеристики гибкой связи не позволяют считать её идеальной на малой длине, то всегда можно подобрать такую длину, при которой нить становится практически идеальной.

Взаимодействие между телами системы осуществляется только через прямые связи. Считается, что взаимное влияние тел друг на друга через среду мало и поэтому не учитывается.

Как правило, робототехнические системы являются неконсервативными системами, так как в реальных условиях происходит активный энергетический обмен со средой (жидкостью).

Далее следует отметить, что под подводной робототехнической системой мы понимаем связанную механическую систему,

состоящую из I твердых тел и J гибких идеальных связей, погруженную в жидкость. Минимальный состав системы включает одно твердое тело ($I = 1$) и одну гибкую связь ($J = 1$).

Каждая робототехническая система обладает структурой и конфигурацией. Структура характеризуется количеством твердых тел (узлов) I и гибких связей J , а также способом (или порядком) их объединения в систему. Различают системы с неизменной во времени ($I + J = \text{const}$) и изменяемой структурой ($I + J = \text{var}$). Конфигурация определяет взаимное расположение в пространстве узлов и связей при неизменной структуре. Многообразие конфигураций, принимаемых системой, является пространством конфигураций [3, 4].

*Усовершенствование прикладных
программ статики тросовых систем*

Программа расчета статического равновесия предназначена для определения пространственной конфигурации подводных объектов, содержащих гибкие связи (тросы, буйрепы, кабели и т.п.) – подводных тросовых систем. Традиционными видами подводных тросовых систем являются заякоренные буйковые станции и буксируемые системы.

Любую механическую систему можно условно разделить на отдельные составляющие, примерно разделив их на твердое тело и гибкую связь, в виде цепочки твердых тел с идеальными связями. При таких допущениях эту механическую систему можно рассматривать как систему абсолютно твердых тел с голономными связями. Набор таких механических составляющих представляет собой многомерный объект естественного движения.

Для формализации расчетов подводных тросовых систем такие системы рассматриваются, как системы абсолютно твердых тел с голономными идеальными связями. Гибкая связь при этом аппроксимируется шарнирно-сочлененным многозвенником. Используемый метод расчета основан на определении ориентации каждого тела в отдельности, на базе аксиомы освобожденности от связи, с учетом граничных условий, с последующей компоновкой в исходную конфигурацию по геометрическим уравнениям связи (структурной матрице), при использовании условий неразрывности. На основе этого метода расчета создано соответствующее программное обеспечение. Разработанный пакет прикладных программ позволяет определять форму и натяжение тросовой системы в вертикальной плоскости для двух классов объектов – буксируемых и заякоренных (закрепленных) систем.



водно-технических средств, а также для оперативного планирования подводно-технических работ в процессе их выполнения. Достоверность получаемых расчетов неоднократно проверена в ходе проведения морских испытаний.

Компьютерное моделирование является эффективным средством исследования физических явлений, происходящих в процессе функционирования подводных роботов и робототехнических систем. Под компьютерным моделированием понимается имитирование реально протекающих процессов в степени, достаточной для изучения поведения исследуемого объекта.

Целью компьютерного моделирования является составление рекомендаций для

разработки унифицированных подсистем и технологий создания подводных роботов и робототехнических систем, в частности интеллектуальных систем управления.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- создать компьютерную модель робототехнических систем, включающую в себя модель робота и модель внешней среды;

- с помощью компьютерного моделирования исследовать режимы функционирования унифицированных подсистем и робототехнических систем в целом при выполнении ими типовых задач;

- составить рекомендации для разработки унифицированных подсистем и технологий создания подводных роботов и робототехнических систем, в частности интеллектуальной системы управления.

Компьютерная модель в рамках структурного моделирования состоит, в общем виде, из математической модели (математического описания натурного процесса) и моделирующих устройств, т.е. технических средств представления натуры. При использовании этой формы в модели создается структура дифференциальных уравнений динамики системы. Структура дифференциальных уравнений отображает физическую структуру динамической системы, передаточные функции её звеньев, нелинейные связи так, что уже в процессе подготовки модели проявляются основные свойства исследуемого объекта. При практической же реализации компьютерная модель должна состоять из трех частей:

- математического обеспечения;
- программного обеспечения;
- технического обеспечения.

Математическое обеспечение компьютерной модели подводной робототехнической системы состоит из:

- математической модели робототехнической системы;

- математической модели внешней среды.

Программное обеспечение является практической реализацией математической модели, на имеющихся вычислительных мощностях. Программное обеспечение можно разделить на базовое, т.е. неизменяемую его часть, которая не зависит от конкретного состава вычислительных средств, и изменяемую, состав которой определяется при каждой реализации типом используемой вычислительной платформы, набором внешних устройств, компьютеров и другими факторами.

Техническое обеспечение представляет собой программно-аппаратную модель, состоящую из базового компьютера и связанных с ним дополнительных внешних устройств. Последние могут быть либо частью натуры, либо имитаторами отдель-

ных подсистем исследуемого объекта. Программными средствами здесь являются операционная система компьютера, вспомогательные и сервисные программы [5–7].

Заключение

Проведен анализ подводных робототехнических систем и предложена технология подхода и построения компьютерных моделей подводных робототехнических систем различного назначения, основанная на опыте создания необитаемых подводных аппаратов разных типов и многолетних теоретических исследований в области подводной робототехники. Создание математической модели механической системы с гибкими (неголономными) связями представляется чрезвычайно сложной задачей. Даже при составлении уравнений движения и их решении, для простейшего случая (известная задача двух тел с гибкой связью) возникают существенные затруднения. Имеется возможность упростить задачу путем сведения неголономных связей к голономным, что позволит широко применить аппарат аналитической механики системы твердых тел. Следует добавить, что при этом связи в системе должны быть реономны.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0010) при частичной поддержке РФФИ (проект № Рго а 17-05-41041) и РНФ (проект 14-50-00095).

Список литературы

1. Зарецкий А.В. Определение статического равновесия подводных объектов типа «гибкая связь + твердое тело» // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011». М., 2011. Т. 2. С. 93–95.
2. Нерсесов Б.А., Афанасьев М.С. Метод определения оптимальной длины троса буксируемого магнитометра // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XIII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013». М., 2013. Т. 2. С. 68–70.
3. Суконкин С.Я. Технология подводных исследований и поисковых работ, подводные аппараты и роботы // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011». М., 2011. Т. 2. С. 20–21.
4. Черненко К.В., Егоров С.А. Особенности расчета статики подводной буксируемой системы на разных этапах проектирования и отработки // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XIII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013». М., 2013. Т. 2. С. 281–283.
5. Зарецкий А.В. Компьютерное моделирование подводных робототехнических систем. М., 1996. 37 с.
6. Молчанов А.В. Особенности синтеза алгоритмов локальных контуров управления движением подводных аппаратов // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011». М., 2011. Т. 2. С. 55–57.
7. Новиков В.И., Черненко К.В. Использование 'cae cosmosflowworks' для расчёта гидродинамических характеристик подводных аппаратов // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2011». М., 2011. Т. 2. С. 58–60.

УДК 004.942

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РАБОЧИХ НА МОДЕЛЬ КАДРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Калашникова Т.И., Белов Ю.С.

*Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Калуга, e-mail: mehta.it@yandex.ru*

В данной статье проверяется модель кадрового оперативного планирования в виде смешанной целочисленной нелинейной задачи, решение которой позволяет реализовать кадровое оперативное планирование с учетом психофизического состояния человека. Модель способна находить высококачественные решения для структурированных и неструктурированных случаев проблемы оперативного планирования рабочей силы. Модель представляет собой модель смешанного целочисленного нелинейного программирования, которая рассматривает ряд различных кадровых решений и учитывает психофизическое состояние человека. Оптимизируется модель для более качественного решения неструктурированных случаев проблемы. Анализируются преимущества этой модели. Обоснован выбор проблем уменьшения затрат, сокращения продолжительности перерыва и уровня усталости работников в качестве основных. Анализируется влияние количества рабочих в начальном периоде на решение задачи кадрового оперативного планирования с учетом психофизического состояния человека. Показывается важность учета влияния уровня спроса на общее количество рабочих часов на модель для более качественного решения неструктурированных случаев проблемы. Анализируются преимущества учета уровней личности и квалификации в начальном периоде. Выявлена необходимость учета психофизического состояния работников. Объяснено, почему человеческие факторы являются важной частью производственных систем.

Ключевые слова: кадровое планирование, оперативное планирование, нелинейное программирование, смешанное целочисленное программирование

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE INITIAL NUMBERS OF WORKERS ON THE MODEL OF WORKFORCE PLANNING TAKING INTO ACCOUNT THE PSYCHOPHYSICAL STATE OF A PERSON

Kalashnikova T.I., Belov Yu.S.

*Kaluga branch of the Federal State Budget Education Institution of Higher Education
«Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (National Research University)»,
Kaluga, e-mail: mehta.it@yandex.ru*

In this article the model of operational workforce planning in the form of a mixed integer nonlinear problem the solution of which allows to realize personnel operational planning taking into account the psychophysical state of a person is tested. The model is able to find high-quality solutions for structured and unstructured cases of the problem of operational workforce planning. The model is a model of mixed integer nonlinear programming that considers a number of different personnel decisions and takes into account the psychophysical state of a person. The model is optimized for better solution of unstructured cases of the problem. The advantages of this model are analyzed. The choice of problems of reducing costs, reducing the length of the break and the level of fatigue of employees as the main ones are justified. The influence of the number of workers in the initial period on the decision of the problem of personnel operational planning taking into account the psychophysical state of a person is analyzed. It is shown that it is important to take into account the influence of the demand level on the total number of working hours on the model for better solving unstructured cases of the problem. The advantages of accounting for personal and skill levels in the initial period are analyzed. The need to take into account the psychophysical state of workers is revealed. It is explained why human factors are an important part of production systems.

Keywords: workforce planning, operational planning, non-linear programming, mixed integer programming

В этой статье используется пример для изучения влияния начального количества работников и других важных параметров на решения планирования рабочей силы в рамках модели кадрового оперативного планирования в виде смешанной целочисленной нелинейной задачи [1–2]. Этими факторами являются: уровень личности, трудоспособность, мотивация, а также кривые обучения.

Цель исследования заключается в разработке модели смешанного целочисленно-

го нелинейного программирования, которая учитывает ряд различных кадровых решений.

Методы исследования:

- определение основных психофизических характеристик работников, которые необходимо учитывать в модели;
- построение модели кадрового планирования с учетом выделенных психофизических факторов;
- оптимизация модели кадрового планирования с целью минимизации затрат,

повышения производительности и сокращения простоев;

– анализ средствами моделирования необходимости учета психофизических различий работников в кадровом планировании.

Результаты исследования и их обсуждение

В эксперименте изучается влияние начального числа работников с разным уровнем личности. Прежде всего, авторы предполагают, что спрос на рабочих одинаковый и равен 3200 часов в неделю. Рассмотрены четыре сценария. В первом сценарии предполагаем, что нет какой-либо начальной рабочей силы в компании для каждого уровня личности. Во втором сценарии предполагаем, что работники с высоким личностным уровнем 1 составляют половину общей численности рабочей силы; работники со средним уровнем личности 2 составляют 30% от общей численности рабочей силы, а работники с низким уровнем личности 3

составляют 20% от общей численности рабочей силы. Третий сценарий имеет равное количество работников для всех уровней личности. Последний сценарий показывает, что работники с высоким уровнем личности 3 составляют половину общей рабочей силы, а работники с уровнем личности 2 составляют 30% от общей численности рабочей силы, а работники с низким уровнем личности составляют 20% от общей численности рабочей силы. Все четыре сценария представлены в табл. 1.

Из рис. 1 видно, что число занятых работников различно, поскольку для каждого сценария начальное количество работников отличается. Можно видеть, что количество наемных работников в сценарии 1 по сравнению с другими случаями выше, так как предполагаем, что у нас нет начальных работников в начале горизонта планирования. Кроме того, можно заметить, что работники более высокого уровня личности обычно предпочитают наем и обучение [3–5].

Таблица 1

Четыре разных случая начальной рабочей силы для каждого уровня навыка

Сценарий	Описание	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Производительность	Стоимость (руб.)
1	Нет рабочей силы	0	0	0	124.2	1 758 175
2	Низкий уровень	50	30	20	124.2	1 722 398
3	Одинаковое соотношение	33.3	33.3	33.3	124.2	1 700 200
4	Высокий уровень	20	30	50	124.2	1 675 000

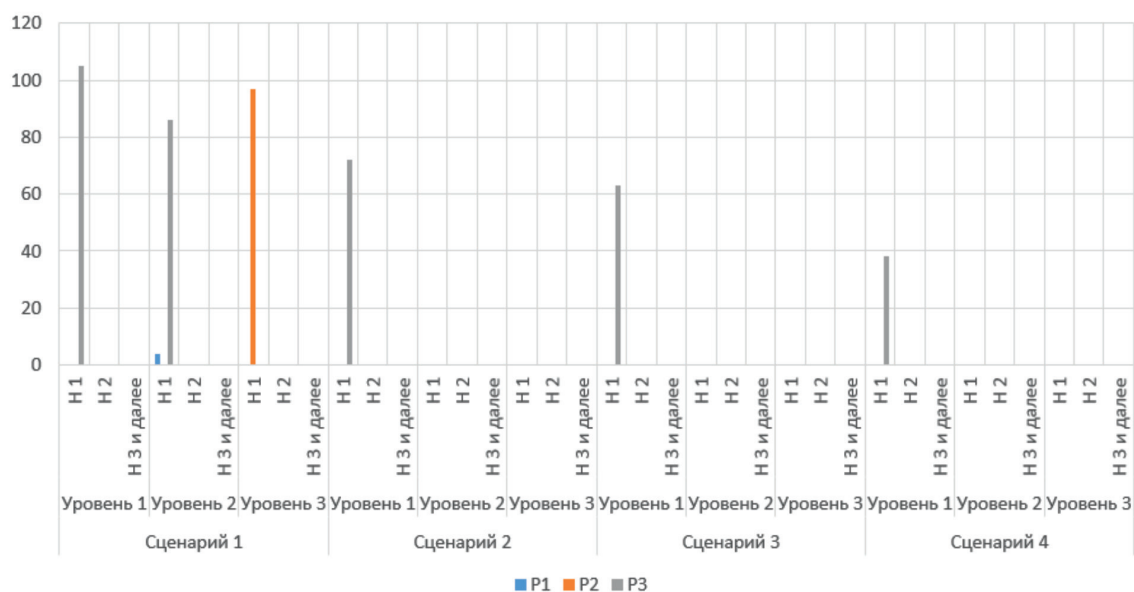


Рис. 1. Число рабочих, нанятых для четырех разных профилей

Тем не менее количество нанятых уменьшается, когда уровни личности имеют одинаковые отношения, как в сценарии 3, и число подготовленных рабочих увеличивается, особенно со средним уровнем личности в случаях 2 и 3. Хотя различия в расходах минимальны, последний сценарий лучше других с точки зрения затрат и производительности. Причина небольших различий в затратах заключается в том, что все сценарии основаны на модели кривой обучения, и они имеют одинаковые исходные данные, за исключением числа начальных работников. Таким образом, расходы

на наем и увольнение близки друг к другу. У случаев 2 и 4 есть разные решения, так как в сценарии 2 есть больше работников с высокой индивидуальностью. Но есть меньше работников с высокими личностными уровнями в сценарии 4. Это также связано с различиями в начальном количестве работников и с коэффициентами издержек. Эти результаты подтверждают, что первоначальные сценарии оказывают значительное влияние на количество наемных работников и перекрестное обучение. На рис. 2 показано количество работников, прошедших обучение по четырем сценариям.

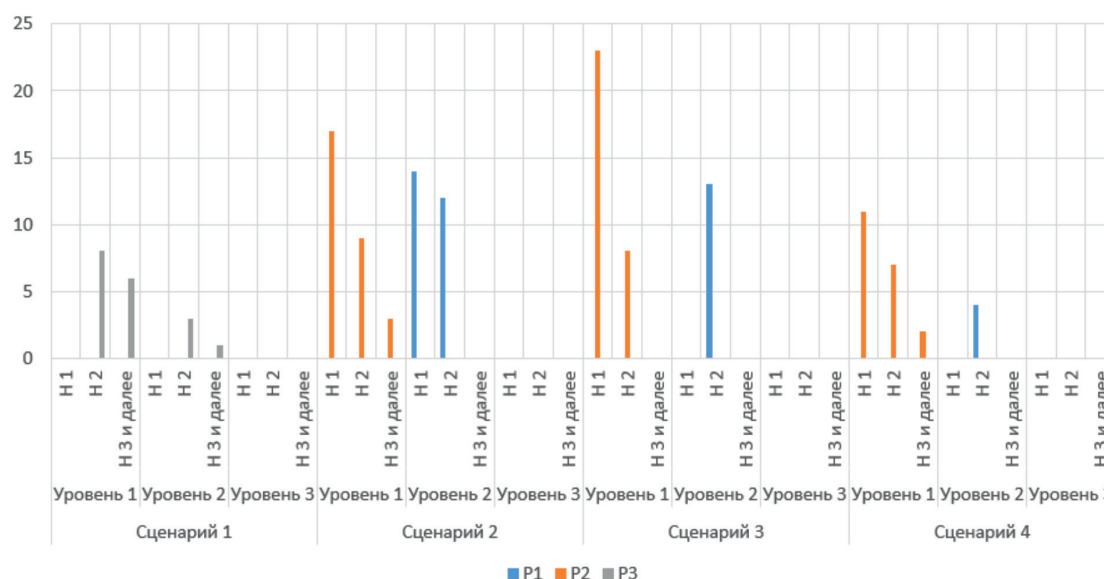


Рис. 2. Число рабочих, перекрестно обученных для четырех разных сценариев

Таблица 2

Сценарии спроса на рабочие навыки в каждую неделю (в рабочих часах)

Сценарий	Уровень работника	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
1	1	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
	2	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
	3	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
2	1	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
	2	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
	3	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
3	1	3200	2800	2400	2000	1600	1200	800	400
	2	3200	2800	2400	2000	1600	1200	800	400
	3	3200	2800	2400	2000	1600	1200	800	400
4	1	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
	2	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
	3	3200	2800	2400	2000	1600	1200	800	400
5	1	3200	2800	2400	2000	1600	1200	800	400
	2	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
	3	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200

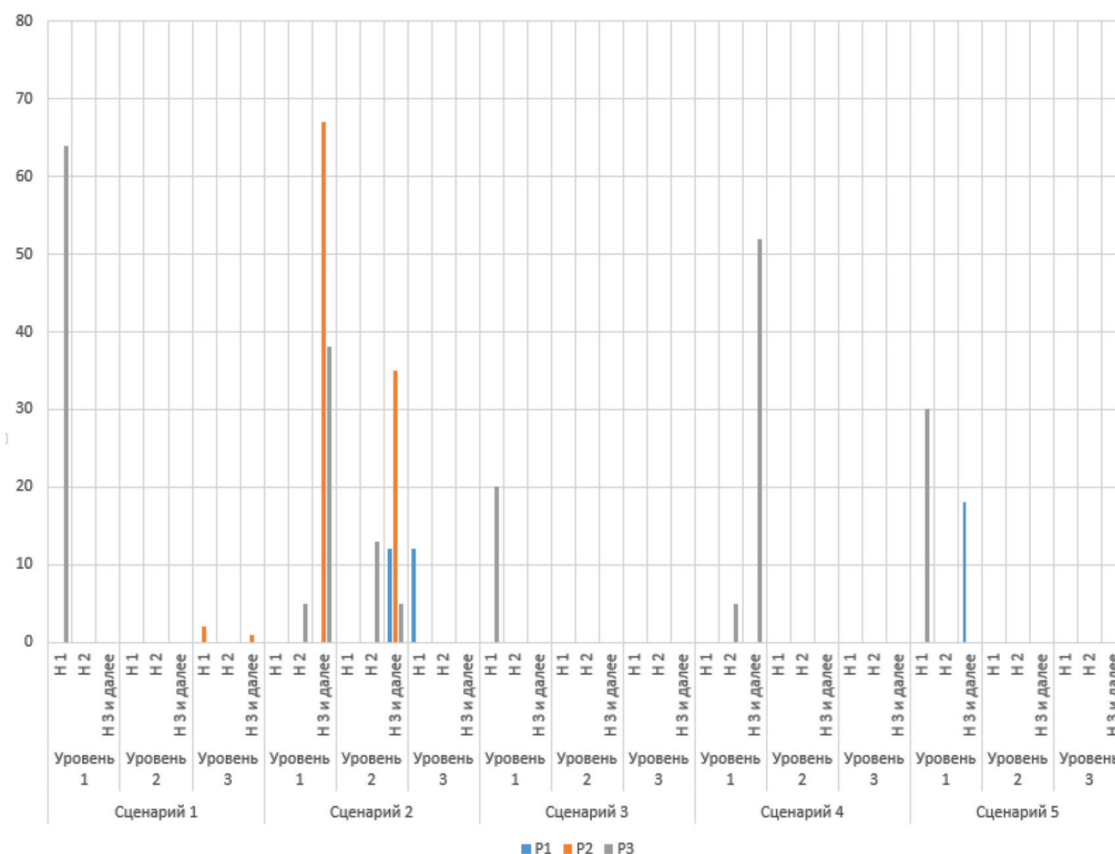


Рис. 3. Число рабочих, нанятых для разных сценариев спроса

В следующем эксперименте в течение периода изменяется спрос на рабочую силу для каждого уровня квалификации [6–8]. Было изучено пять сценариев, каждый с различной структурой спроса для каждого навыка, как показано в табл. 2. Сценарий 1 представляет собой случай, когда спрос является постоянным для каждого уровня квалификации. Сценарий 2 показывает увеличение спроса в каждом периоде. Сценарий 3 показывает снижение спроса в каждом периоде. Сценарий 4 представляет собой случай, когда спрос на умение 2 остается постоянным, спрос на умение 1 увеличивается, а спрос на умение 3 уменьшается. Сценарий 5 представляет собой случай, когда спрос на умение 2 остается постоянным, спрос на умение 1 уменьшается, а спрос на умение 3 увеличивается.

Количество работников, нанятых для каждого сценария, показано на рис. 3. В сценарии 1 в течение первой недели нанимается достаточно работников для всех периодов. Все наемные работники имеют высокий уровень личности. Перекрестное обучение происходило как на низком, так и на высоком уровне личности. Большин-

ство работников с низким уровнем личности обучаются в течение первых двух недель планирования.

В сценарии 2 увеличивается спрос на оба навыка. В каждом периоде нанимается работников больше, чтобы удовлетворить спрос. Можно заметить, что нанимаемые работники всегда имеют высокие навыки квалификации с низкими личностными или низкими навыками квалификации с высокими личностными, что означает, что модель всегда предпочитает нанимать лучших исполнителей. Больше рабочих с более низким уровнем личности обучаются после третьей недели горизонта планирования. Сценарий 3 показывает снижение спроса на горизонте планирования. Работники с высоким уровнем личности нанимаются только в первый период, и перекрестное обучение не требуется, потому что работников достаточно. Кроме того, этот сценарий генерирует множество решений об увольнении из-за снижения спроса. В сценарии 4 увеличивается количество работников с квалификацией 1, но спрос на уровень 3 уменьшается. Рабочие с уровнем квалификации 1 нанимаются больше после периода 3. Кроме того,

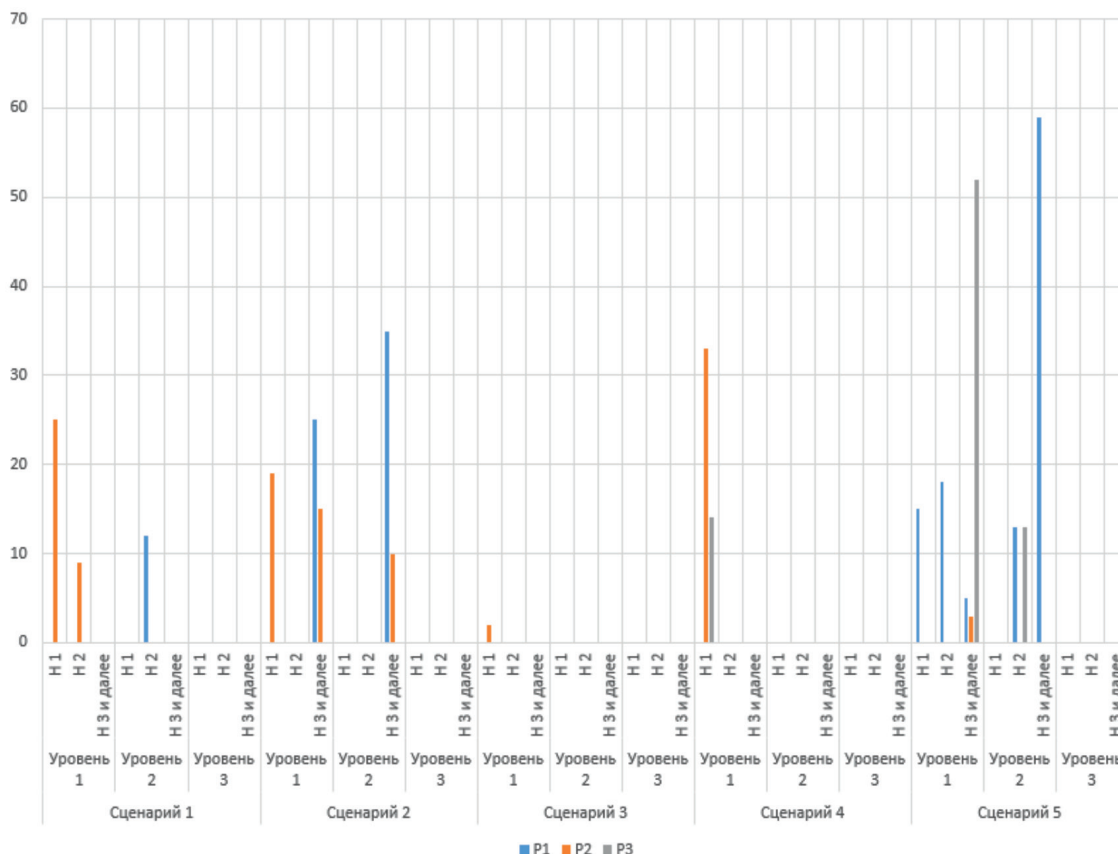


Рис. 4. Число рабочих, обученных для разных сценариев спроса

перекрестное обучение происходит только на уровне 1 из-за растущего спроса. В сценарии 5 спрос на уровень 1 уменьшается, а спрос на уровень 3 увеличивается. Немногие рабочие нанимаются как с уровнем 2, так и с уровнем 3, и большинство работников обучаются до высоких навыков. В большинстве случаев люди с высоким личностным уровнем с квалификацией 1 или люди с низким личностным уровнем с квалификацией 2 выбираются для перекрестного обучения после третьего периода. Количество работников, прошедших подготовку по каждому сценарию, показано на рис. 4.

В этом эксперименте показано, что найм происходит чаще, когда растет спрос на рабочую силу в течение горизонта планирования. Кроме того, количество обученных увеличивается, когда требуется время между изменениями навыков, как в сценарии 5. В основном работники с самым высоким уровнем личности предпочитают как для найма, так и для обучения.

Заключение

Предыдущие эксперименты были направлены на то, чтобы продемонстриро-

вать, как различные факторы влияют на принятие решений. Перекрестное обучение и решения по найму в значительной степени зависят от нескольких параметров, таких как коэффициенты производительности, зарплата, наем, расходы на увольнение и обучение, структура спроса и начальное число работников. Затраты оказывают большее влияние на то, какой работник выбирается для найма или обучения, чем другие факторы. Например, если есть большие различия между затратами, то работники с более низкими уровнями личности становятся более привлекательными из-за низких затрат на них. Как правило, работники с самыми высокими уровнями личности более привлекательны для найма и обучения. Эти результаты основаны на предположении, что при создании этой модели рабочие с более высоким уровнем личности имеют более высокую производительность. Если допущения и параметры меняются, результаты могут быть другими.

Список литературы

1. Голикова Т.И., Белов Ю.С. Разработка модели для оперативного планирования с учетом психофизического со-

стояния человека // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. № CB2 (13). С. 147–153. URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/905dd56563c414279967d6d3ce60c7f4.pdf> (дата обращения: 05.09.2018).

2. Голикова Т.И., Белов Ю.С. Решение проблемы кадрового планирования в виде смешанной целочисленной нелинейной задачи с учетом человеческих факторов // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. № CB2 (13). С. 154–160. URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/3f9f49ebe4e8e5613272f98bbf57f7b0.pdf> (дата обращения: 05.09.2018).

3. Wang Lin, Lu Zhiqiang. A predictive production planning with condition-based maintenance in a deteriorating production system. 2016 International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE). 2016. P. 35–38

4. Erfanian M., Pirayesh M. Integration aggregate production planning and maintenance using mixed integer linear programming. IEEE International Conference on Industrial

Engineering and Engineering Management (IEEM). 2016. P. 927–930.

5. Jaber M.Y., Neumann W.P. Modeling worker fatigue and recovery in dual-resource constrained systems. Computers & Industrial Engineering. 2010 vol. 59 (1). P. 75–84.

6. Kim Byung Soo, Chung Byung Do. Affinely Adjustable Robust Model for Multiperiod Production Planning Under Uncertainty. IEEE Transactions on Engineering Management. 2017. vol. PP (99). P. 1–10.

7. Corominas A., Olivella J., Pastor R. A model for assignment of a set of tasks when work performance depends on experience of all tasks involved. International Journal of Production Economics. 2010. vol. 126 (2). P. 335–340.

8. Aghezzaf E., Sitompul C., Najid N.M. Models for robust tactical planning in multi-stage production systems with uncertain demands. Computers & Operations Research. 2010. vol. 37 (5). P. 880–889.

УДК 57.089:617-7:614.8

О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СВЕТОВЫХ МЕЛЬКАНИЙ

Оруджова О.Н., Шабунина Н.В.

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: o.orudjova@narfu.ru, n.shabunina@narfu.ru

В настоящее время метод критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) достаточно широко применяется в диагностике и лечении оптической системы человека. На сегодняшний день используют множество приборов и аппаратов, предназначенных для исследования КЧСМ. При этом применяют приборы и аппараты как промышленного производства, так и индивидуальные разработки исследователей. Имеется множество методов, зарегистрированных патентов и авторских свидетельств на изобретения и полезные модели для исследования критической частоты слияния мельканий. При этом отсутствует их стандартизация для определения показателя КЧСМ. При определении показателя КЧСМ основным фактором, позволяющим проводить исследование, является отсутствие заболеваний нервной системы (эпилепсия, рассеянный склероз и другие) и зрительного анализатора (отслоение сетчатки и другие). Также к противопоказаниям к применению КЧСМ-теста относятся: боязнь света, обильное слезотечение, острые воспаления в организме, повышенное внутричерепное давление (ВЧД), индивидуальная непереносимость мелькающего света. Поэтому исследование по определению требований, предъявляемых приборам для определения показателя КЧСМ, является актуальным. Необходимо совершенствование нормативной базы, стандартизация методик и приборов для определения КЧСМ. Целью исследования является формулирование требований к приборам и устройствам для определения КЧСМ.

Ключевые слова: устройство для определения КЧСМ, критическая частота слияния мельканий, критическая частота пульсаций света, световой стимул, светодиод, стандарт

ABOUT STANDARDS QUALIFYING DEVICES FOR DETERMINING OF CFCM

Orudzhova O.N., Shabunina N.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk,
e-mail: o.orudjova@narfu.ru, n.shabunina@narfu.ru

At present, the method of the critical flicker fusion frequency (CFCM) is widely used in the diagnosis and treatment of the human optical system. At present, various instruments and apparatuses, both factory-made and original designs, are widely used in the research of CFCM. There are many methods, registered patents and author's certificates for inventions and useful models for investigating the critical frequency of flicker fusion. At the same time, there is no standardization for the determination of the CFM index. When determining the indicator of CFCM, the main factor that makes it possible to conduct a study is the absence of diseases of the nervous system (epilepsy, multiple sclerosis and others) and the visual analyzer (retinal detachment and others). Also, contra-indications to the use of the FFCM test include photophobia, lacrimation, acute period of the inflammatory process in the body, increased intracranial pressure, individual intolerance of flashing light. Therefore, the study to determine the requirements for devices to determine the index of CFCM, is relevant. It is necessary to improve the regulatory framework, standardize the methods and instruments for determining CFCM. The aim of the study is to formulate requirements for instruments for determining the critical frequency of flicker fusion.

Keywords: device for determining CFCM, critical flicker frequency, critical frequency of light pulsations, light stimulus, LED, standard

В настоящее время метод критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) достаточно широко применяется в диагностике и лечении оптической системы человека.

КЧСМ пульсирующего света относится к исследованиям как пространственных показателей, так и временных показателей восприятия оптической системой человека. Острота зрения, объем восприятия оптической системой, поле зрения человеческого глаза – это пространственные характеристики. Длительность инерции ощущения, критическая частота, время адаптации, латентный период зрительной реакции представляют собой временные показатели зрительного анализатора.

Поэтому для исследования КЧСМ используют различные приборы и аппараты как промышленного изготовления, так и оригинальные разработки.

Цель исследования: для диагностических и терапевтических исследований оптической системы человека применяют метод светостимуляции. КЧСМ (критическая частота световых мельканий) в представленном исследовании используется как критерий. Сейчас для определения КЧСМ применяются множество различных приборов и устройств, но при этом отсутствует их стандартизация для определения показателя КЧСМ. Поэтому исследование по определению требований, предъявляемых при-

борам для определения показателя КЧСМ, является актуальным. Целью исследования является формулирование требований приборам и устройствам, предназначенным для определения КЧСМ.

Материалы и методы исследования

С одной стороны, в настоящее время имеется множество методов, зарегистрированных патентов и авторских свидетельств на изобретения и полезные модели для исследования критической частоты слияния мельканий, для диагностики патологии зрительной системы по критической частоте слияния мельканий в офтальмологии, неврологии и психиатрии [1–3].

Многие приборы и аппараты для определения КЧСМ осуществляют светостимуляцию с помощью встроенных в них светодиодов, расположенных напротив каждого глаза. Включение светоизлучающего диода возможно только при определённом значении силы тока и его направлении. Для подключения светодиодов в цепях переменного напряжения и управления их яркостью применяются специальные пускорегулирующие устройства, колебания тока которых на выходе порождают колебания светового потока светодиода.

Пульсации света можно разделить на видимые (частотой до 60...80 Гц) и невидимые глазом человека (частотой от 80...300 Гц). Такие пульсации света могут оказывать разное воздействие на организм человека. В большинстве случаев человеческий глаз не фиксирует пульсацию источника искусственного света, т.к. критическая частота пульсаций света составляет 300 Гц.

Пульсирующий свет до частоты 300 Гц способен воспринимать человеческий мозг. В работе [4] приводятся данные исследования ЭЭГ мозга человека при воздействии пульсирующего света частотой 120 Гц: появление навязанных пиков активности с частотой пульсации света, подавляющих естественные биоритмы нервной системы. Причем при уровне пульсации света 5–8% возникают признаки расстройства нормальной электрической активности мозга, глубиной 20% – вызывают такой же уровень

расстройства нормальной активности мозга, что и пульсации глубиной 100%.

Видимые глазом человека пульсации можно разделить на две группы: краткосрочного и долгосрочного воздействия. При краткосрочном влиянии пульсаций светового потока на организм человека отмечается усталость органов зрения, снижение внимания, утомляемость организма, замедление активности мозга, нарушение пищеварения, нарушение циркадных ритмов. При долгосрочном влиянии пульсаций светового потока на организм человека развивается расстройство нервной системы, патология органов зрения и сердечно-сосудистой системы.

Невидимые глазом человека пульсации (при частоте, равной КЧСМ) визуально не ощущаются, т.к. мозг «не успевает» обрабатывать поступающую информацию об изменениях интенсивности светового потока (таблица).

Показатель КЧСМ является критерием оценки активности биохимических, энергетических, электрофизиологических, метаболических и других процессов. Наблюдателю в последовательном порядке показывают дискретные световые сигналы определённого цвета (красного, зеленого, оранжевого, синего, белого) по возрастающей (обычно 10–70 Гц) или убывающей (70–10 Гц) частоте. В современной литературе имеются противоречивые данные относительно нормальных показателей КЧСМ.

С другой стороны, при определении показателя КЧСМ основным фактором, позволяющим проводить исследование, является отсутствие заболеваний нервной системы (эпилепсия, рассеянный склероз и другие) и зрительного анализатора (отслоение сетчатки и другие). Также к противопоказаниям к применению КЧСМ-теста относятся: боязнь света, обильное слезотечение, острые воспаления в организме, повышенное ВЧД, индивидуальная непереносимость мелькающего света.

Таким образом, возникла необходимость в формулировании требований к приборам для определения критической частоты слияния мельканий.

Особенности восприятия пульсаций

Описание	Частота, Гц	Восприятие информации	
		зрительно	мозгом
Частота пульсаций, легко различимая глазом человека	0–25...30	+	+
КЧСМ-тест центрального зрения	30–60	+	+
Частота слияния мельканий периферического зрения	60...80–300	–	+
Минимальная частота пульсаций, не воспринимаемая мозгом	300	–	–

Рассмотрим следующие приборы и аппараты для определения КЧСМ:

1. Прибор «КЧСМ – Д» применяют для исследования критической частоты слияния мельканий при воздействии красным и зеленым светом с различной патологией сетчатки глаза и зрительного нерва.

Данный прибор применяют для лечения оптической системы человека при ряде глазных заболеваний при использовании метода цветотерапии. Прибор «КЧСМ – Д» специально разработали и сконструировали для лечения зрения у детей, так как при диагностировании заболевания и, соответственно, его последующего лечения у маленьких детей возникают некоторые трудности. Использование прибора «КЧСМ – Д» основано на вовлечении ребенка в игру, что концентрирует его внимание и позволяет наиболее точно оценить КЧСМ. Тестируемому ребенку предлагают оказать помощь при ремонте автомобиля, а именно просят указать, мигает или нет фара автомобиля. «КЧСМ – Д» генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 520 ± 20 нм, по синему – 450 ± 20 нм. У прибора есть возможность изменять частоту мельканий излучателя не дискретно, а плавно в диапазоне от 3 до 70 Гц. При этом интенсивность излучателя света варьируется от 0,5 до 0,9 мкд, а длительность одного светового импульса составляет не менее 5 мс. Генерация световых стимулов осуществляется с помощью безынерционных источников света, которые называются светодиодами. Полученные показания генерации стимулов фиксируются на цифровом табло. Микроконтроллер, который смонтирован в отдельном корпусе, позволяет управлять светостимуляцией. Также прибор снабжен дополнительным светостимулятором, представленным в виде трубки, для диагностики макулярной зоны сетчатки. В комплект прибора «КЧСМ – Д» входят очки с смонтированными в них трёхцветными светодиодами.

2. Прибор «Хиазма – 01» применяют с целью экспресс-диагностики патологического процесса в хиазме. Критическая частота слияний мельканий определяется в различных участках поля зрения. С помощью прибора «Хиазма – 01» (а также его компьютерного варианта «Хиазма – 02») возможно проводить топическую диагностику нарушений в зрительном пути каждого глаза или обоих глаз, а также определять нарушения зрительных функций в разных участках поля зрения: носовой, височной, макулярной областях.

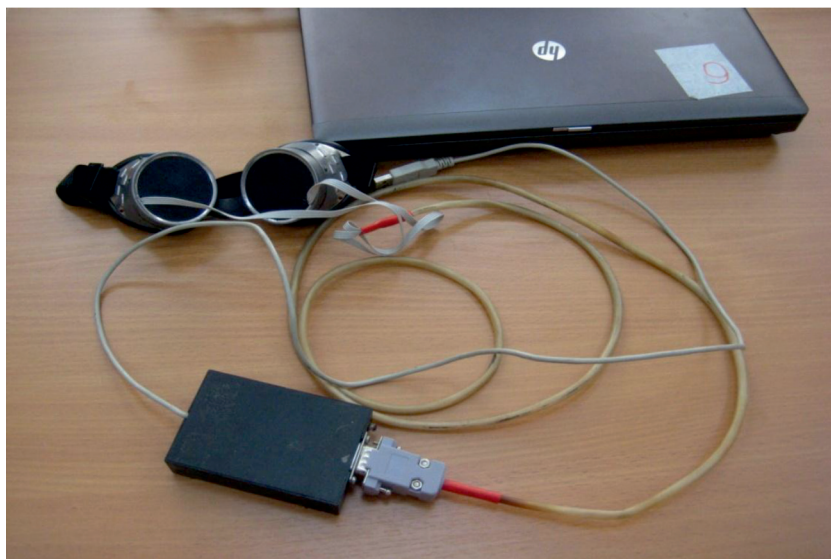
3. В приборе «Радуга – 3ДЛ» используют метод исследования КЧСМ и метод цветотерапии для диагностики и лечения

органов зрения у пациентов с различными патологиями.

Прибор «Радуга – 3ДЛ» генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 525 ± 20 нм, по синему – 450 ± 20 нм. Имеется возможность частоту мельканий излучателя варьировать в диапазоне от 25 до 70 Гц с шагом 0,7 Гц. Интенсивность импульса света изменяется от 0,5 до 0,9 мкд, а длительность одного светового импульса составляет не менее 15 мс. Процедура светолечения по временному интервалу может составлять – 1, 2, 3, 4 или 5 минут.

4. Прибор «Радуга – 3Л» может применяться операторами персональных компьютеров для снятия зрительного утомления, а также может использоваться для восстановления зрения при близорукости или дальнозоркости. По рекомендации врача данный прибор может быть использован для лечения пациентов в домашних условиях. Аппарат «Радуга – 3Л» способен выявлять нарушения зрительных функций различной степени тяжести, что особенно важно при отсутствии видимых органических изменений на глазном дне, позволяет проводить лечение КЧСМ на основе полученных данных исследования. Прибор является автономным микропроцессорным устройством, включающим очки, в которые встроены двухцветные источники света. Генератор импульсов света, соединенный с двумя светодиодами и закреплённый в светозащитном экране, размещен в корпусе аппарата и подключен к блоку питания. Между генератором импульсов света и блоком питания установлен таймер. Прибор «Радуга – 3Л» снабжен электронным блоком управления светостимуляторами, а также очками для фотостимуляции хроматическими импульсами. Данный прибор генерирует импульсы света разной длины волны: по красному цвету – 650 ± 20 нм, по зеленому – 525 ± 20 нм. Частота импульсов света порядка 38 Гц, их интенсивность варьируется от 0,5 до 0,9 мкд. Длительность одного светового импульса составляет не менее 15 мс. Процедура светолечения по временному интервалу составляет 3 минуты.

5. Прибор «КЧСМ – У» применяют для регистрации критической частоты слияния мельканий у детей на хроматические стимулы. Данное устройство содержит генератор импульсов, связанный с формирователем частоты, к выходу которого присоединен управляемый источник света, выполненный трехцветным и установленный в фарах автомобиля-игрушки, при этом одна из фар автомобиля-игрушки постоянно светит. Источник света размещен в одном корпусе со световым табло и кнопкой регистрации.



Прибор для определения КЧСМ (А.С. Волков)

6. Метод цветотерапии по Т.П. Тетеринной применяют для коррекции функциональных систем организма (ФСО) человека. Прибор состоит из очков со светорассеивающими отражателями и вмонтированными источниками светового излучения (СИ), имеется генератор, регулятор частоты светового излучения, блок питания с регулятором яркости светового излучения.

Источник СИ – это набор светодиодных излучателей разной длины волны СИ.

Блок управления последовательно соединен с формирователем модулирующих импульсов и модулятором. Выходы блока управления подключаются к управляющим входам регулятора частоты мельканий СИ.

Входы модулятора подключаются к выходам регулятора частоты яркости СИ. Входы каждого из двух коммутаторов подключаются к регулятору яркости СИ, выходы – к источнику СИ.

7. Прибор «Свето – Тест» фирмы «Окулюс» является офтальмологическим диагностическим прибором, предназначенным для определения функционального состояния центральных отделов сетчатки глаза и зрительного нерва. Данный прибор позволяет определять показатель критической частоты слияния мельканий. Получаемые данные являются объективными показателями функциональной подвижности зрительно-нервного аппарата.

Прибор «Свето – Тест» представляет собой электронный блок и излучатель красного, зеленого, желтого и синего света. Имеется возможность изменять частоту мельканий излучателя не дискретно,

а плавно в диапазоне от 1 до 60 Гц. Расстояние между устройством и глазами составляет 75 мм. Прибор соответствует стандартам и требованиям ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности и ГОСТ IEC 60601-2-51-2011 [5]. В данный момент прибор снят с производства на неопределенный срок.

8. Оригинальные КЧСМ – очки (разработчик А.С. Волков) – прибор для определения КЧСМ разработан в Северном (Арктическом) федеральном университете и представляет собой программно-аппаратный комплекс (рисунок) [6].

Данный прибор состоит из прибора управления, очков для светостимуляции и персонального компьютера. Прибор управления – микроконтроллерная схема управления с USB интерфейсом для подключения к персональному компьютеру – предназначен для получения управляющих команд от персонального компьютера и передачи информации. Персональный компьютер предназначен для управления прибором управления и обеспечения интерфейса взаимодействия с пользователем.

Светостимуляция осуществлялась с помощью закрытых очков (типа защитных) со встроенными в переднюю панель трехцветными светодиодами, расположенными напротив каждого глаза в центральной зоне. Светодиодные кристаллы замыкаются в равносторонний треугольник со стороной до 1,5 мм, поэтому свечение трех световых диодов можно считать точечным. Поэтому, регулируя яркость свечения

каждого светоизлучающего диода, можно предъявлять нужный для исследования цвет, воспринимаемый глазом человека [7]. В данном приборе светоизлучающие диоды предъявляют световые импульсы красного, зелёного, синего и белого цветов с увеличением частоты на 1 Гц/с.

Оригинальные КЧСМ-очки подключаются к персональному компьютеру посредством USB-интерфейса. Управление осуществляется с помощью специализированного оригинального программного обеспечения «eyeLight», позволяющего задавать спектральный состав, интенсивность, глубину и длительность стимула [6].

Данный прибор не нуждается в дополнительном источнике питания, так как питание всей системы, в том числе светодиодов, осуществляется от USB-интерфейса персонального компьютера [6–8].

Недостатки приборов:

- многие приборы являются готовыми, неизменяемыми под соответствующие нужды, так как значения всех строго заданных параметров приборов нельзя изменить;
- некоторые приборы не имеют возможности автономной работы в условиях отсутствия промышленной сети;
- основная часть приборов состоит из большого количества электронных компонентов, то есть имеют сложное устройство;
- практически все приборы возможно использовать только с участием опытного специалиста;
- для профилактического использования многих приборов необходимо специальное помещение.

Заключение

Требования, предъявляемые к приборам для определения критической частоты световых мельканий:

1. Все приборы и аппараты для определения КЧСМ должны соответствовать требованиям ГОСТ 20790-93. Приборы, аппа-

раты и оборудование медицинское. Общие технические условия, ГОСТ ИЕС 60601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности, ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности.

2. Для корректного сопоставления данных показателей КЧСМ световой стимул должен предъявляться центральной зоне сетчатки.

3. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

4. Необходимо совершенствование нормативной базы, стандартизация методик и приборов для определения КЧСМ.

Список литературы

1. Рожнецов В.В. Точность измерения критической частоты световых мельканий // Офтальмология. 2013. № 10. С. 47–49.
2. Atchison D.A. History and development of wavefront technology / In Yan, W. & Zhao, K. (Eds.). Wavefront and Clinical Visual Optics. People's Medical Publishing House, Beijing, China, 2011. P. 9–15.
3. Atchison D.A. Depth of focus of the human eye / In Pallikaris, Ioannis, Plainis, Sotiris, & Charman, W. Neil (Eds.). Presbyopia: Origins, effects and treatment. Slack Incorporated, 2012. 19 p.
4. Ошурков И. Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения // Современная электроника. 2012. № 4. С. 68–71.
5. ГОСТ ИЕС 60601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности. Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 103 с.
6. Волков А.С., Морозова Л.В. КЧСМ как метод психофизиологического исследования зрительного анализатора // Международный студенческий вестник. 2015. № 2–3. С. 310–312.
7. Лагунов А.Ю., Федин Д.А., Орлов А.В. Полихромный светодиодный блок для измерения КЧСМ // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 83–89.
8. Лагунов А.Ю., Федин Д.А., Орлов А.В. Программный комплекс для управления блоком для измерения КЧСМ // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 89–93.

УДК 004.738.2:004.912

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ЭКСТРЕННЫХ СИТУАЦИЯХ

Цуриков А.Н., Ракитская Е.А.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону,
e-mail: tsurik7@yandex.ru

В статье проведен анализ существующих систем оповещения населения об экстренных ситуациях с использованием средств мобильной связи. Разработка и установка специализированных программ в смартфоны является наиболее предпочтительной с точки зрения решения рассматриваемых в статье задач (обеспечение своевременного оповещения абонентов о возникновении экстренных ситуаций). Кратко рассмотрены некоторые известные системы оповещения об экстренных ситуациях, использующие мобильную связь. Подробно изучен опыт Франции. Франция стала одной из первых стран, массово внедривших у себя мобильное приложение «SAIP» для оповещения населения с помощью смартфонов об экстренных ситуациях, связанных с террористическими атаками перед проведением во Франции чемпионата Европы по футболу в 2016 г. Отмечены недостатки в работе приложения «SAIP». В России ведутся работы по созданию приложения для оповещения. Технологии и прототипы такого приложения разрабатываются различными исследователями. Авторы статьи работают над системой, потенциально способной функционировать лучше иностранных аналогов. Ряд разработанных инновационных технологий подтверждается патентом Российской Федерации на изобретение RU 2598294 «Широковещательная система оповещения абонентов мобильной связи о возникновении экстренных ситуаций, абонентское устройство связи и способы ее функционирования».

Ключевые слова: мобильное приложение, оповещение, экстренная ситуация, программирование, мобильная связь, смартфон

MOBILE APPLICATIONS FOR ALERTS ABOUT EMERGENCIES

Tsurikov A.N., Rakitskaya E.A.

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, e-mail: tsurik7@yandex.ru

In the article the analysis of existing systems for alerting the public about emergencies using mobile devices. Development and installation of specialized programs in smartphones is the most preferable in terms of solving the problems discussed in the article (providing timely notification of subscribers about emergencies). Briefly discusses some well-known system of notification of emergencies using mobile communication. The experience of France has been studied in detail. France was one of the first countries to massively introduce a mobile application «SAIP» to notify the population via smartphones about emergencies associated with terrorist attacks before the European football championship in France in 2016. The shortcomings of the «SAIP» application are noted. In Russia, work is underway to create an application for notification. Various researchers develop technologies and prototypes of such applications. The authors are working on a system potentially able to function better than foreign counterparts. A number of developed innovative technologies is confirmed by the patent of the Russian Federation for the invention of RU 2598294 «Broadcasting system for alerting mobile communication subscribers on occurrence of emergency situations, user communication device and method of its operation».

Keywords: mobile application, alert, emergency, programming, mobile communication, smartphone

Сложившееся сегодня положение дел заставляет многих разработчиков и ученых [1] обратить пристальное внимание на современные средства коммуникации, имеющиеся в наличии практически у каждого жителя, – мобильные телефоны и смартфоны. Зона покрытия сигналом сетей сотовой связи GSM (Global System for Mobile Communications) в европейской части России [2] приближается к 100%. При этом опросы общественного мнения показывают, что люди готовы получать на свои мобильные телефоны оповещения при ЧС в 98% случаев [2].

Современные телефоны получили очень богатую функциональность, сравнимую с настольными компьютерами десятилетней давности (высокая производительность процессора, значительный объем памяти, достигающий нескольких десятков

гигабайт, высокое качество изображения на встроенном экране). В арсенале таких устройств присутствует определение местоположения по сигналам спутниковых систем (GSM/Глонасс), выход в интернет, получение/отправка текстовых сообщений, совершение голосовых звонков, трансляция видео в режиме реального времени и т.д.

Современные смартфоны отличаются от обычных сотовых телефонов прошлых лет мощной установленной операционной системой, дающей возможность разработки различного программного обеспечения. Растет число предлагаемых для установки на смартфоны программ и подключаемых устройств, расширяется круг решаемых ими задач.

Под «экстренной ситуацией» в статье понимается внезапно возникшая ситуация,

требующая принятия некоторых неотложных мер (выполнения действий). Данный термин включает (но не ограничивается ими) ситуации, связанные с угрозой целостности имущества, жизни и здоровью, вызванные такими причинами, как бедствия природного, техногенного и/или социального происхождения.

«Оповещение о возникновении экстренной ситуации» («оповещение») – это доведение до абонента сигналов о возникновении экстренной ситуации, информации о возникшей экстренной ситуации и рекомендуемого порядка действий абонента.

Цель исследования: изучение мирового опыта разработки, внедрения и массового использования новых технических средств телекоммуникации (смартфонов) для оповещения о возникновении экстренных ситуаций различного характера. Данная область исследований является новой, поскольку смартфоны, позволяющие разрабатывать разнообразное программное обеспечение, массово появились в начале этого десятилетия [2].

Установка дополнительных программ позволяет улучшить функциональность смартфонов. Данный путь (разработка и установка специализированных программ в смартфоны) является, по нашему мнению, наиболее предпочтительным с точки зрения решения рассматриваемых в статье задач (обеспечение своевременного оповещения абонентов о возникновении экстренных ситуаций).

В статье рассматриваются принципы действия, функциональные возможности, преимущества и недостатки существующих мобильных приложений для оповещения об экстренных ситуациях.

Материалы и методы исследования

Исследование существующих мобильных приложений для оповещения об экстренных ситуациях проведено на базе информации, опубликованной в сети Интернет, книгах, патентах на изобретения и научных статьях. Язык зарубежных публикаций английский и французский. Франция является одной из первых стран, массово внедривших у себя мобильные приложения для оповещения населения с помощью смартфонов об экстренных ситуациях во время чемпионата Европы по футболу в 2016 г. Ее опыт представляет большой интерес и был подробно рассмотрен. В отечественных научных публикациях до сегодняшнего дня практически отсутствовали описания принципов работы новейшего французского мобильного приложения для оповещения населения.

Обзор ситуации

Наиболее популярными операционными системами смартфонов ныне являются «Android» от компании Google и «iOS» от Apple. По статистике [1] на рынке устоялось следующее соотношение мобильных операционных систем: «Android» около 80%; «iOS» до 14%; «Microsoft Windows Phone» – 3%; «Rim BlackBerry» – 2%; другие – менее 1%. Сегодня на рынке преобладает система «Android». Кроме того, популярна и операционная система «iOS», устанавливаемая на аппараты компании Apple («iPad», «iPhone» и др.).

Кратко рассмотрим некоторые известные системы оповещения об экстренных ситуациях, использующие мобильную связь.

Система предупреждения о лесных пожарах посредством SMS-сообщений «Firewatch» используется в Австралии [3]. Абоненты могут подписаться на предоставление данной услуги и в случае возникновения пожара в радиусе 15 км получать уведомления на свои абонентские устройства.

Система содержит датчики, устанавливаемые на вышках в лесу. Если датчик обнаруживает возгорание, он передает информацию об этом в центр управления посредством беспроводной связи. В центре управления находится персонал, который принимает и обрабатывает полученное сообщение. Персонал принимает решение о передаче информации на руководящее рабочее место. Руководитель принимает решение об информировании пожарных команд и населения.

С 1997 г. известна технология широковещательной передачи SMS-сообщений *Cell Broadcast (CB)*, работающая в сетях *GSM* и подобных им [4]. *Cell Broadcast* предназначена для быстрой доставки различных сообщений в ограниченной области пространства. *Cell Broadcast* подходит для оповещения населения о возникновении экстренных ситуаций. Преимущественно из-за обеспечения возможности выбора территории рассылки сообщений. Кроме того, *CB*-сообщения создают минимальную дополнительную нагрузку на сеть.

В случае возникновения необходимости отправки сообщения в конкретную географическую область *Cell Broadcast* сверяется с имеющейся у него информацией о расположении существующих базовых станций и посылает сообщение только к выбранным контроллерам базовых станций, которые затем перенаправляют сообщение в соты.

Далее, в США создана система оповещения абонентов при помощи SMS при возникновении нештатных ситуаций, получив-

шая название «PLAN» («*Personal Localized Alerting Network*»). Система может функционировать даже в случае перегруженности сотовых сетей связи [5]. Для работы системы в мобильные устройства внедряют особые микросхемы, позволяющие в первоочередном порядке получать сообщения, даже если на линии связи идут сбои или на телефон одновременно поступает множество звонков.

Объем сообщений в данной системе не превышает 90 текстовых знаков. Оповещения разделяют на сообщения об угрозе жизни и безопасности, предупреждения в рамках системы поиска пропавших детей, а также на сообщения от администрации президента США.

В Израиле на случай возникновения опасности для населения внедрена собственная система оповещения, использующая сотовые телефоны [3]. Жители получают сообщения независимо от своего мобильного провайдера. Устройство оповещения встроено в SIM-карты мобильных устройств и запускается при возникновении опасности. SIM-карты в этой технологии имеют форму обычных SIM, но содержат в себе микросхемы, модули памяти и специальные микропрограммы, обеспечивающие необходимую функциональность в соответствии с технологией «SIM Tool Kit» (STK).

Следует еще упомянуть об информационной широкополосной системе по патенту США и России [6], известной под аббревиатурой «EDWARDS» (аварийное устройство и система предупредительной сигнализации о бедствии и спасения).

Данная система предполагает отправку на мобильные телефоны сообщений с кодом экстренной ситуации. Смартфоны, получающие сообщения с кодированными данными, содержат предварительно установленное программное или аппаратное обеспечение, формирующее для абонента уведомления, соответствующие, по меньшей мере, одной информационной составляющей, хранящейся (предварительно загруженной) в указанных абонентских устройствах связи.

Мобильные приложения для смартфонов

В России под эгидой МЧС создано приложение «Мобильный спасатель МЧС». Приложение функционирует с 2012 г., изначально было разработано под платформу «iOS» и доступно для бесплатного скачивания из официального магазина [7].

Приложение содержит подробный иллюстрированный справочник по оказанию первой помощи и базу больниц и пожарных частей. Однако основной функцией прило-

жения является нажатие «тревожной кнопки» (большой красной кнопки SOS, отображаемой на экране устройства). Нажатие этой кнопки инициирует автоматический набор номера 112 на телефоне, отправку сигнала SOS в МЧС России, уведомление родных и близких о том, что человек попал в экстренную ситуацию.

Фрагмент интерфейса приложения «Мобильный спасатель МЧС» показан на рис. 1 (изображения с официальной странички приложения).

Приложение отправляет бесплатные SMS близким и сообщение в МЧС с координатами и ссылкой на карту, служба МЧС по возможности перезванивает на телефон для уточнения информации. Встроенных средств оповещения самого абонента в описываемом мобильном приложении нет.

В США в конце 2015 г. компания «My Mobile Witness» объявила о разработке мобильного приложения под названием «See Something, Send Something» («Если видишь что-то, сообщи об этом»). Приложение запущено в пилотном режиме в штате Нью-Йорк. Приложение позволяет пользователям сообщать о подозрительных предметах или личностях в правоохранительные органы [8].

Существует возможность отправить в полицию фотографию и небольшую заметку. Каждое сообщение проверяется и осуществляется соответствующее реагирование. Отмечается, что после проверки большинство сообщений оказываются ложной тревогой. Причем это происходит не от злого умысла. В большинстве случаев сообщивший верит в то, что говорит правду.

В братской Белоруссии разработано свое мобильное приложение «МЧС: помощь рядом!», доступное для бесплатного скачивания на устройства под управлением «Android» версии 4.0.3 и выше [9]. Фрагмент интерфейса белорусского приложения «МЧС: помощь рядом!» показан на рис. 2 (изображения с официальной странички приложения).

Приложение помогает пользователю сориентироваться и оперативно найти информацию о действиях в случае ЧС. Оно также оповещает о неблагоприятных и опасных природных явлениях через встроенную интерактивную карту Беларуси. Кроме оповещения о грозе, сильном ветре, ливне, снеге пользователи могут сразу видеть рекомендации спасателей о действиях при таких обстоятельствах.

Приложение содержит функцию звонка в МЧС по номеру 112 с возможностью пользовательских настроек. Может отправить координаты абонента, если он вдруг потерялся в лесу.

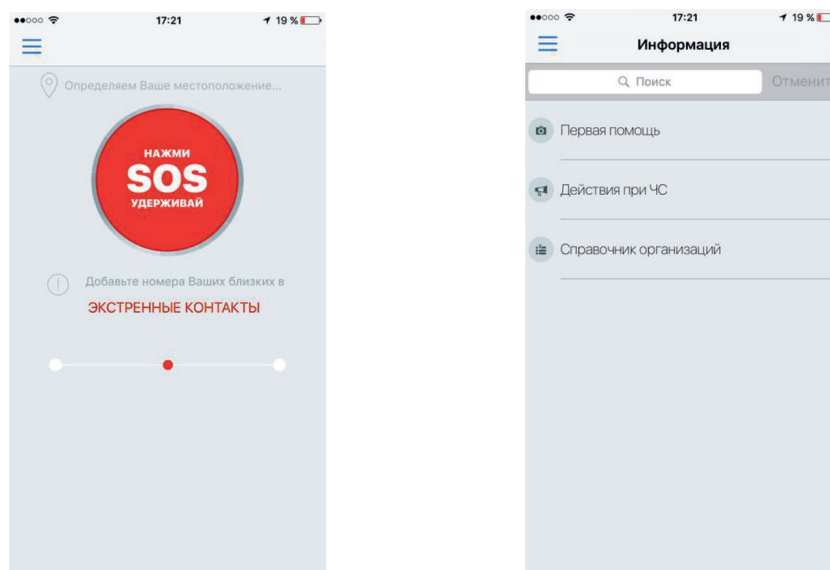


Рис. 1. Фрагмент интерфейса приложения «Мобильный спасатель МЧС». Слева – режим «тревожной кнопки», справа – встроенный справочник

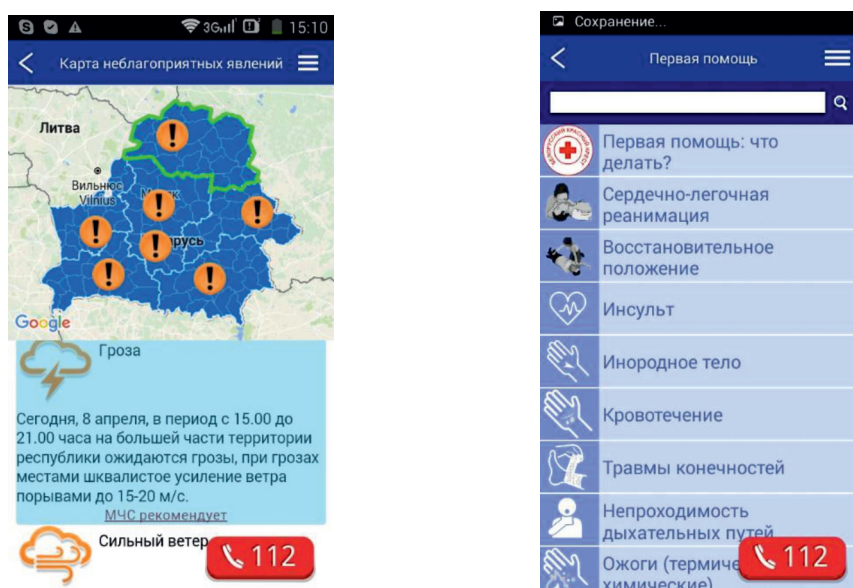


Рис. 2. Фрагмент интерфейса приложения «МЧС: помощь рядом!». Слева – режим оповещения о неблагоприятных метеорологических явлениях, справа – справочник

В последней версии приложения есть возможность проверить собственные знания с помощью встроенных тестов и почитать статьи в разделе «Энциклопедия».

Однако безусловным лидером по внедрению подобных приложений для населения на сегодняшний день является Франция.

Во Франции создано мобильное приложение «Attack alert bomb», которое информирует абонентов о случаях террористиче-

ских атак с использованием самодельных бомб [10]. В случае обнаружения подозрительного предмета или совершения взрыва пользователи получают уведомление со стороны полиции, информирующее о том, что атака продолжается.

Также обеспечивается доступ к номерам экстренных служб в случае чрезвычайной ситуации, и регулярно обновляется состояние приложения. Разработчики обе-

щают, что скоро появится лента новостей для отслеживания информации о происшествии из нескольких СМИ о нападениях во Франции.

Вообще Франция стала одной из первых стран, массово внедривших у себя мобильные приложения для оповещения населения с помощью смартфонов об экстренных ситуациях, связанных с террористическими атаками. Сделано это было в преддверии проведения во Франции чемпионата Европы по футболу в 2016 г. [11].

Мобильное приложение «SAIP» (Франция)

По поручению правительства Франции после ноябрьских терактов в Париже (2015 г.), унесших жизни более 130 человек, было разработано и внедрено специальное мобильное приложение. Программа под названием «SAIP» («*Système d'alerte et d'information des populations*»), которое можно перевести на русский язык как «Система оповещения и информирования населения» вышла 8 июня 2016 г. [11] перед началом футбольного чемпионата «Евро-2016».

Первоначально целевой аудиторией приложения были посетители чемпионата Европы по футболу, сегодня оно доступно для бесплатного скачивания всем желающим. Общее число скачиваний превысило один миллион.

«SAIP» можно скачать из официальных магазинов для устройств под управлением систем «Google Android» версии не ниже 4.2 или «Apple iOS» версии не ниже 8.0. Другие операционные системы не поддерживаются из-за их малой распространенности на рынке. Приложение обеспечивает работу на двух языках: французском и английском [12].

Это приложение призвано дополнить и развить уже существующую систему оповещения и информирования во Франции (в том числе сигналы сирен и радиосообщения) и является частью системного подхода к развитию культуры общественной бдительности в отношении существующих угроз.

На первом этапе приложение оповещает только об экстренных ситуациях и способах защиты, связанных с терроризмом. В перспективе приложение будет дополнено возможностью уведомления о чрезвычайных ситуациях всех видов (природного, техногенного и социального).

В приложении при регистрации нужно дать согласие на определение местоположения с использованием GPS-системы позиционирования или указать область своего преимущественного местонахождения, чтобы принимать уведомления об инцидентах,

происходящих поблизости [12]. Кроме того, оповещения можно получать и для других регионов (не более 8), в которых могут проживать близкие или друзья абонента.

Если террористических нападений нет, то экран смартфона окрашивается в зеленый цвет. В случае угрозы или нападения террористов экраны гаджетов, на которых установлена программа в опасной зоне, начнут мигать и примут ярко-красный цвет (рис. 3).

В этом случае пользователь должен нажать кнопку и получить уведомление и инструкции по порядку действий в экстренной ситуации. В сообщении будет содержаться краткое описание произошедшего и рекомендации по сохранению себя в безопасности.

Помимо этого пользователи смогут проверять безопасность восьми заранее определенных зон, благодаря чему будут в курсе ситуации. Сообщения можно настроить, чтобы получать сведения о родственниках и их местоположении в момент теракта.

По заверению МВД Франции, программа должна оповещать людей, которые находятся вблизи места теракта, не позднее чем через 15 мин после начала атаки. Разработчики приложения отмечают, что любая информация, которая будет передаваться пользователям, вначале будет подвергаться тщательнейшей проверке – это необходимо для того, чтобы исключить возможные ложные срабатывания [12].

«SAIP», кроме функций по оповещению, содержит встроенный справочник, который в краткой и доступной форме содержит информацию о необходимых для обеспечения собственной безопасности мерах, которую нужно знать гражданам, желающим сохранить жизнь в случае гипотетического террористического акта.

Приложение также предоставляет возможность пользователям распространять получаемые оповещения через социальные сети и, таким образом, помогает ускорить оповещение населения путем «вирусной» интернет-рассылки.

Приложение «SAIP» использует в своей работе геолокацию. Приложение получает информацию о возникновении экстренной ситуации через сети мобильной связи 3G, 4G и Wi-Fi. Правительство подчеркивает, что конфиденциальность пользователей будет защищена.

Никакая личная информация о пользователе смартфона не будет передаваться куда-либо. Приложение «SAIP» использует инновационную технологию, которая обрабатывает информацию только на самом мобильном устройстве, поэтому координаты и номера телефонов не передаются и не хранятся на серверах службы оповещения.

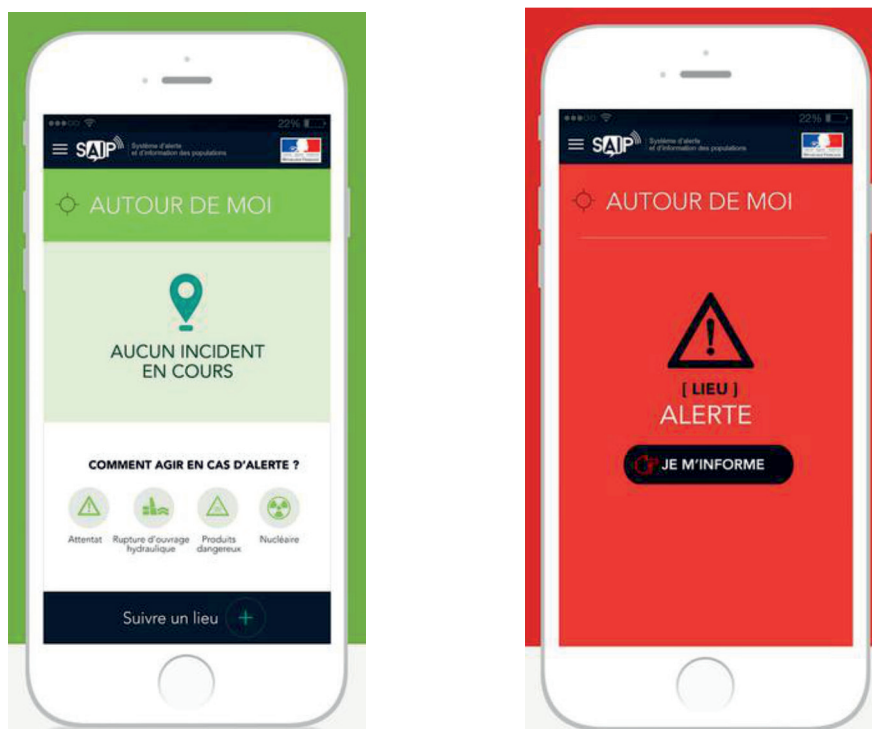


Рис. 3. Фрагмент интерфейса приложения «SAIP». Слева – угрозы нет, справа – угроза или нападение террористов (изображения с официальной странички приложения)

Однако следует отметить, что французское приложение не лишено недостатков. Очевидно, что продолжительное использование системы позиционирования *GPS* в фоновом режиме значительно снижает уровень заряда встроенной батареи смартфона. Вследствие этого пользователи могут оказаться без связи в самый неподходящий момент.

Кроме того, во время реального теракта, произошедшего на набережной в Ницце 14 июля 2016 г. [13], приложение сработало не так эффективно, как предполагалось.

Вместо обещанных МВД Франции 15 мин на оповещение после начала атаки, в этот день приложению понадобилось целых три часа, чтобы прислать пользователям сообщение об угрозе [13]. Очевидно, что в оповещении с таким опозданием уже не было реального смысла.

Разработчики не пояснили, что именно послужило причиной задержки. Эксперты считали, что приложение могло «глючить» в тот день из-за перегрузки сотовых сетей в результате внезапной атаки террориста, так как работа «SAIP» базируется на уязвимых сетях мобильного интернета [13].

Пользователи оставили множество негативных отзывов о работе приложения на официальном сайте приложения. Большинство из них можно резюмировать отзывом

пользователя по имени Майя Лореч (*Maya Cloarec*): «Хорошая идея, но плохая реализация». Средний рейтинг приложения на данный момент составляет 3,4 балла из 5 возможных [13].

Разработчики выпустили четыре версии приложения «SAIP», в которых они учли пожелания и негативные отзывы подписчиков. Сообщается, что улучшенные версии «SAIP» должны работать стабильнее за счет устранения некоторых выявленных проблем.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе описан зарубежный опыт разработки, внедрения и массового использования новых технических средств телекоммуникации (смартфонов) для оповещения о возникновении экстренных ситуаций различного характера. Рассмотрены принципы действия, функциональные возможности, преимущества и недостатки существующих мобильных приложений для оповещения об экстренных ситуациях.

Опыт Франции, полученный при создании приложения «SAIP», представляет для нас большой интерес. Этот опыт может быть весьма полезен и для нашей страны, поскольку в России регулярно проводятся

различные массовые спортивные и общественные мероприятия, например Чемпионат мира по футболу FIFA, Всемирный фестиваль молодежи и студентов и т.д.

Насколько известно, в России пока не создано приложение для мобильных устройств, способное обеспечить оповещение населения о возникновении экстренных ситуаций. Мы считаем, что необходимо создать отечественное приложение, обеспечивающее решение описанных задач как минимум не хуже иностранных аналогов.

Работы в данном направлении ведутся в РФ. В том числе и авторами статьи (коллективом ученых РГУПС, Ростов-на-Дону). Здесь можно указать приложение [14] под названием «Мобильное приложение для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте», имеющее также и англоязычное название «*Railway SMS Smart Alert*» (RSA).

Были созданы и успешно испытаны прототипы этого приложения. Результаты работы опубликованы в научных изданиях [1, 3, 14], получен патент [15] на изобретение RU 2598294, включенный в базу данных «Перспективные изобретения» России за 2016 г.

Утверждается [1], что приложение «RSA» обладает рядом преимуществ перед аналогами. В частности, оно работает надежнее по сравнению с французским приложением «SAIP».

Закключение

Для предотвращения негативных последствий разнообразных экстренных ситуаций необходима организация оперативного оповещения. Существующие сегодня в России системы оповещения обладают недостаточной эффективностью.

Это заставляет обратить внимание на современные средства коммуникации, имеющиеся в наличии практически у каждого жителя, – мобильные телефоны и смартфоны. Наиболее предпочтительным с нашей точки зрения является путь разработки и установки специализированных программ в смартфоны граждан.

Очевидно, что на рынке мобильных устройств сегодня доминируют платформы «Android» и «iOS», для которых и должны разрабатываться мобильные приложения.

В мире существуют системы оповещения об экстренных ситуациях с использованием мобильной связи: «Firewatch» (Австралия), «PLAN» и «EDWARDS» (США), устройства в SIM-картах (Израиль) и др. Созданы и мобильные приложения для смартфонов, так или иначе связанные с различными экстренными ситуациями: «Мобильный спасатель МЧС» (Россия), «See

Something, Send Something» (США), «МЧС: помощь рядом!» (Белоруссия), «*Attack alert bomb*», «SAIP» (Франция) и т.д.

Французское мобильное приложение «SAIP» не всегда срабатывает настолько эффективно, как это требуется (есть недостатки в работе). Разработчики устраняют их.

В России пока не создано приложение для мобильных устройств, способное обеспечить оповещение населения о возникновении экстренных ситуаций. Технологии и прототипы такого приложения разрабатываются исследователями, в том числе и авторами статьи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты 18-08-00549-а, 17-07-00620-а.

Список литературы

1. Цуриков А.Н. Современные технические средства оповещения о возникновении экстренных ситуаций с использованием мобильной связи // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 4. С. 106–112.
2. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / МЧС России [под общ. ред. П.А. Попова]. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 272 с.
3. Цуриков А.Н. Совершенствование технологии адресного оповещения о чрезвычайной ситуации при помощи SMS-сообщений // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 287–291.
4. Cell Broadcast (СВ Широковещательная передача сообщений) [Электронный ресурс]. URL: <http://celnet.ru/CB.php> (дата обращения: 12.09.2018).
5. Макарычев М. Сотовая защита // Российская газета. Федеральный выпуск. № 5475(99) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2011/05/11/znaki-site.html> (дата обращения: 12.09.2018).
6. Уинэнд Н.Г. Информационная широковещательная система. Патент России № 2501091, опубликовано 10.12.2013 г. Бюл. № 34.
7. Приложение от МЧС России «Мобильный спасатель» [Электронный ресурс]. URL: <http://46.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/3395585> (дата обращения: 02.09.2018).
8. Щелупанов Ю.В. Мобильные приложения в борьбе с терроризмом [Электронный ресурс]. URL: <http://truenet.gasu.ru/aktualnaya-informatsiya/162-mobilnye-prilozheniya-v-borbe-s-terrorizmom> (дата обращения: 22.09.2018).
9. Мобильное приложение «МЧС Беларуси: помощь рядом» [Электронный ресурс]. URL: <http://mchs.gov.by/rus/main/events/app> (дата обращения: 14.09.2018).
10. Attack alert bomb [Электронный ресурс]. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.ovh.vps262177.app57e9752d8b10d&hl=en> (дата обращения: 10.09.2018).
11. Toor A. France launches terror alert app ahead of Euro 2016 tournament [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theverge.com/2016/6/8/11881732/france-terrorism-alert-euro-2016-app> (дата обращения: 07.09.2018).
12. Page d'assistance de l'application SAIP [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interieur.gouv.fr/Alerte/Le-SAIP-en-4-clics/Page-d-assistance-de-l-application-SAIP> (дата обращения: 15.09.2018).
13. СМИ: французское мобильное приложение SAIP сообщило о теракте спустя три часа [Электронный ресурс]. URL: <http://tass.ru/obschestvo/3457584> (дата обращения: 14.09.2018).
14. Цуриков А.Н. Реализация на платформе «Android» мобильного приложения для адресного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте // Вестник РГУПС. 2014. № 1 (53). С. 81–88.
15. Цуриков А.Н. Широковещательная система оповещения абонентов мобильной связи о возникновении экстренных ситуаций, абонентское устройство связи и способы ее функционирования. Патент России на изобретение RU 2598294. Дата регистрации: 22.01.2014 г.