

# ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на [www.t-nauka.ru](http://www.t-nauka.ru)

ISSN 2500-1132    Издательский дом "Плутон" [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru)

## Выпуск №2

19 ноября 2016 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISSN 2500-1140

УДК 378.001

Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на  
[www.t-nauka.ru](http://www.t-nauka.ru)

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганская инженерно-строительная институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный

политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации юридических наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru) e-mail:admin@idpluton.

## Содержание

1. СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ ..... <b>АЛЬ-САНДЫКАЧИ МОХАММАД ХУДАЙР</b>	3
2. АНАЛИЗ ИННОВАЦИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЫ..... <b>Тюрин И.Н., Гетманцева В.В.</b>	8
3. ВОЗВЕДЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК И ПАРКОВОК В КРУПНЫХ ГОРОДАХ..... <b>Гришин А.В.</b>	12
4. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА РАСПОЗНОВАНИЯ БЫСТРОЙ ФАЗЫ СНА..... <b>Богданов С.Л., Давиденко Т.А., Елфимов Д.Б., Туманова У.С.</b>	18
5. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ..... <b>Соболев Н.В., Тихомиров А.А.</b>	27
6. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ 3-ФАЗНОМ СИММЕТРИЧНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЛИНИИ Л-398 (МОНЧЕГОРСК)..... <b>Соболев Н.В., Тихомиров А.А.</b>	30
7. ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВЫРАБОТКИ И РАСХОДА ТОПЛИВА НА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТАХ..... <b>Яковлев В.П.</b>	34

**АЛЬ-САНДЫКАЧИ МОХАММАД ХУДАЙР**  
**al-sandoqachi mohammad khudhair**  
E-mail: [MOHAMMADKHUDHAIR60@GMAIL.COM](mailto:MOHAMMADKHUDHAIR60@GMAIL.COM)

УДК 621.91

## **СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ**

С огромной скоростью развиваются сегодня 3D-технологии. Они - яркий пример технических достижений 21 века. 3D-технологии – не только зрелищные эффекты. В этой сфере существует инновационная разработка – это технология «Селективное лазерное плавление» (Selective laser sintering).

«Селективное лазерное спекание/плавление» (Selective laser sintering/melting) - это лазерная технология в области прототипирования и мелкосерийного производства из металлических и керамических порошковых материалов.

Используя селективное лазерное плавление/спекание можно изготовить исключительно сложные детали. Технология запатентована в Техасском Университете в 1989 году. Разработчиками технологии считается Карл Декард и Джо Биман, работавшие в «Университете штата Техас».

Значительный вклад в развитие и совершенствование метода селективного лазерного спекания/плавления внесли отечественные и зарубежные ученые Шишковский И.В., Смурров И.Ю., Ядройцев И.А., JP. Kruth, K. Wissenbach, D. Buchbinder, K. Osakada, M. Shiomi, X. Wang, Y. и другие.

Необходимо заметить, что образцы, изготовленные по этим технологиям, сочетают в себе следующие характеристики: высокая сложность внутренней и внешней геометрии, специфические физические и химические свойства применяемых материалов, высокая плотность получаемых изделий и многие другие.

Поэтому сегодня технологический процесс селективного лазерного плавления - один из перспективных методов аддитивного производства Аддитивное производство - это перспективные технологии производства деталей сложной формы по трехмерной компьютерной модели посредством последовательного нанесения материала (как правило, послойного) - в противоположность так называемому вычитающему производству (например, традиционной механической обработке). Здесь детали изготавливаются непосредственно по компьютерному файлу, содержащему 3D-модель, виртуально нарезанную на тонкие слои, который передается в АП-систему, для послойного формирования конечного изделия.

Данная группа методов появилась вследствие развития технологий быстрого прототипирования в конце прошлого века.<sup>1</sup>

Селективное лазерное плавление или SLM (Selective Laser Melting, оно же Direct Metal SLM) - технология, при которой объект формируется из порошков различных металлов посредством его плавления под действием лазерного излучения, после чего платформа опускается на толщину одного слоя и вновь наносится порошкообразный металл для построения лазером следующего слоя.

Селективное лазерное плавление/спекание - это послойное последовательное расплавление металлического порошкового материала при помощи лазерного излучения. Разработаны различные варианты метода, получившие собственные названия - Selective Laser Melting в установках фирмы MCP-HEK, Lazer CUSING - в установках Concept Lazer GmbH.

<sup>1</sup> Григорьев С.Н., Козочкин М.П., Сабиров Ф.С., Синопальников В.А. Проблемы технической диагностики станочного оборудования на современном этапе развития // Вестник МГТУ «Станкин». 2010. №4. С.27-36  
Смурров И.Ю., Мовчан И.А., Ядройцев И.А., Окунькова А.А., Цветкова Е.В., Черкасова Н.Ю.  
Аддитивное производство с помощью лазера // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. Т. 2. № 4. С. 144-146

Среди технологий цифрового производства, технология селективного лазерного плавления (спекания) SLM(альтернативное маркетинговое название - «SLS») дает возможность прямого, непосредственно по CAD модели, изготовления деталей или их заготовок в металле, без какой-либо промежуточной оснастки, послойным спеканием металлического порошка лазерным лучем.

Технология особо эффективна при необходимости изготовления прототипов, штучных или мелкосерийных изделий, оснастки. Разнообразие используемых металлических порошков позволяет получать изделия с самыми разными физическими свойствами.

Чаще применяются порошковые материалы нержавеющих и жаростойких сталей, жаропрочных сплавов на основе Ni, сплавов Co-Cr, а также легких алюминиевых и титановых сплавов.

Практически отсутствуют ограничения, связанные со сложностью геометрии деталей в том числе ее внутренней структуры, что особо ценно в hi-techотраслях – аэрокосмической, самолето- и вертолетостроении, ВПК, автогонках, медицине и так далее.

Отсюда, перспективные индустрии применения: аэрокосмическая сфера, самолето- и вертолетостроение, автоиндустрия, технические виды спорта, медицина, ВПК, электроника.

В 2000 году была основана Компания Concept Laser , она являлась первоходцем в области разработки новейшей технологии. Сегодня запатентованная компанией технология LaserCUSING используется в многочисленных отраслях промышленности. Высокое качество продукции, многолетний опыт и внимание к потребностям клиентов являются важными аспектами в процессе создания надежных и экономически выгодных решений для развития в области данной технологии.

Технология выборочного плавления выделяется уникальным способом перемещения лазера в процессе построения объекта. Каждый слой – это множество мельчайших частей, которые потом обрабатываются в случайном порядке. Такой метод позволяет значительно снизить внутреннее напряжение, а так же создавать монолитные детали солидных размеров.

Сокращение продолжительности цикла с применением формообразующих вставок по технологии LaserCUSING - важный аспект производства. Есть еще преимущество, вытекающее из избавления от деформаций, - уменьшение отходов, которые составляют 3-4% объема.

Формообразующие вставки для аэрокосмической отрасли, автомобильной, стоматологической, медицинской, при создании ювелирных изделий теперь могут быть созданы при помощи технологии LaserCUSING, так называемого послойного процесса. Теперь возможно изготавливать ювелирные изделия в соответствии с собственным эскизом из драгоценных металлов.

Технологии требуется лазер высокой мощности, способный соединять стекольные, керамические, металлические или пластиковые элементы в заданную структуру. Для работы необходимо предварительно сделать компьютерную 3D-модель. Лазер будет сканировать модель в процессе работы. Он будет сплавлять порошкообразный материал. Плавление происходит по этапам в соответствии со сканированием каждого разреза; специальной разравнивающей кареткой наносится материал. Так создается объем. Необходимо, чтобы в камере была бескислородная среда, а температура немного меньше плавления.

Преимущества технологии:

- Возможность быстрого получения полноразмерного и полностью функциональных прототипов.
- Возможность изготовления деталей любой геометрической сложности.
- Срочный запуск штучного или мелкосерийного производства.
- Возможность существенного снижения веса изделия.

- Отсутствие необходимости в дорогостоящей оснастке.
- Широкий спектр металлических порошков.
- Минимальное количество отходов за счет использования перерабатываемого сырья.
- Полноценная промышленная прочность изделий.
- Высокая точность изготовления.
- Возможности для упрощения логистики, сокращения времени поставок, уменьшения объемов складских запасов.

Итак, данная технология - универсальна, многофункциональна. Она может работать с порошковыми материалами: металлами (сплавы, сталь, титан), полимерами (полистирол и нейлон), а также глауконитовыми песками. Возможна вариативность: полное расплавление, жидкофазное спекание, частичное плавление. Реализована возможность создавать не только большие объекты, но и мелкие детали. Создание охлаждения, позволяющего минимизировать технологический цикл процесса литья детали, в результате, повышает производительность и снижает стоимость изготовления деталей.

В 2017 году NASA отправит в космос двухступенчатую ракету сверхтяжелого класса, которая способна выводить на околоземную орбиту более 100 тонн груза. При помощи новых технологий, показавших впечатляющие результаты, будут изготовлены детали сложной формы за всего лишь одну операцию. С помощью новой технологии планируется изготовить детали, необходимые для реактивных двигателей. Окончательный вывод о будущем изобретения в сфере космической техники будет сделан после всесторонних испытаний.

Итак, моделирование или поэтапная схема применения технологии:

Первый этап: Создание сценария построения на основе CAD (computer-aided design) модели, то есть компьютерной поддержки проектирования.

С помощью специального программного обеспечения на основе исходной CAD модели создается сценарий построения: CAD модель изделия проходит технологическую адаптацию: в случае необходимости добавляются поддержки, модель (либо модели) оптимальным образом позиционируется на платформе построения. Происходит параметрирование построения.

Второй этап: Распределение порошка по поверхности.

В камере построения устройство для нанесения и выравнивания слоя порошка распределяет его по поверхности платформы. Процесс печати начинается с разделения цифровой 3D-модели изделия на слои толщиной от 20 до 100 мкм с целью создания 2D-изображения каждого слоя изделия. Отраслевым стандартным форматом является STL-файл. Этот файл поступает в специальное машинное ПО, где происходит анализ информации и ее соизмерение с техническими возможностями машины.

На основе полученных данных запускается производственный цикл построения, состоящий из множества циклов построения отдельных слоев изделия.

Цикл построения слоя состоит из типовых операций:

- 1) нанесение слоя порошка заданной толщины (20-100 мкм) на плиту построения, закрепленную на подогреваемой платформе построения;
- 2) сканирование лучом лазера сечения слоя изделия;
- 3) опускание платформы вглубь колодца построения на величину, соответствующую толщине слоя построения.

Процесс построения изделий происходит в камере SLM машины, заполненной инертным газом аргон или азот (в зависимости от типа порошка, из которого происходит построение), при ламинарном его течении. Основной расход инертного газа происходит в начале работы, при продувке камеры построения, когда из нее полностью удаляется воздух (допустимое содержание кислорода менее 0,15%).

После чего лазерный луч сканирует поверхность данного слоя порошка и путем оплавления (спекания) формирует изделие. По окончанию сканирования порошкового слоя

платформа с изготавливаемым изделием опускается на толщину наносимого слоя и процесс нанесения слоя порошка и сканирования повторяется. После завершения процесса платформа с изделием поднимается и очищается от неиспользованного порошка.

Третий этап: Отделение детали от платформы построения.

Механическое отделение детали от платформы построения путем разрушения предусмотренных моделью поддержек, последующая механическая обработка.

После построения изделие вместе с плитой извлекается из камеры SLM машины, после чего изделие отделяется от плиты механическим способом. От построенного изделия удаляются поддержки, производится финишная обработка построенного изделия.

Практически полное отсутствие кислорода позволяет избегать оксидации расходного материала, что делает возможной печать такими материалами, как титан.

Таким образом, SLM или Selective laser melting - инновационная технология производства сложных изделий путем лазерного плавления металлического порошка по математическим CAD-моделям (3D-печать металлом). С помощью SLM создают как точные металлические детали для работы в составе узлов и агрегатов, так и неразборные конструкции, меняющие геометрию в процессе эксплуатации.

Данная технология - это метод аддитивного производства, использующий мощные лазеры для создания трехмерных физических объектов. Данный процесс успешно заменяет традиционные методы производства, так как физико-механические свойства изделий, построенных по технологии SLM, часто превосходят свойства изделий, изготовленных по традиционным технологиям.

Установки SLM помогают решать сложные производственные задачи промышленных предприятий, работающих в авиакосмической, энергетической, машиностроительной и приборостроительной отраслях. Также они применяются в университетах, конструкторских бюро, используются при проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ.

В число ведущих производителей систем для аддитивного производства входят компании 3D Systems, ExOne и Stratasys (США), Arcam (Швеция), а также Concept Laser, EOS, SLS и Voxeljet (Германия) и др. Рынок 3Dпечати, по оценке Wohlers Associates, ускоренно растет. По числу введенных в эксплуатацию систем с большим отрывом лидируют США – 38% промышленных установок. Значительное количество установок эксплуатируется также в Японии (9,7%), Германии (9,4%) и Китае (8,7%). Доля России составляет пока 1,4%.<sup>2</sup>

Одно из направлений селективного лазерного плавления - это искусство (актуальное понятие современного мира). Из электронной формы технология переносит любые авторские идеи в материальную.

Эта уникальная технология может радикально изменить будущее.

В серийном производстве технологию селективного лазерного плавления можно использовать для реализации инновационных идей.

### **Библиографический список:**

1. В. Ежеленко, Д. Трубашевский, А. Колмаков, металлическая 3D печать – будущее эффективных производств.//Умное производство, №3, 2015.
2. Григорьев С.Н., Козочкин М.П., Сабиров Ф.С., Синопальников В.А. Проблемы технической диагностики станочного оборудования на современном этапе развития // Вестник МГТУ «Станкин». 2010. №4. С.27-36.

---

<sup>2</sup> В. Ежеленко, Д. Трубашевский, А. Колмаков, металлическая 3D печать – будущее эффективных производств.//Умное производство, №3, 2015

3. Смуроў І.Ю., Мовчан І.А., Ядройцэв І.А., Окунькова А.А., Цветкова Е.В.,  
Черкасова Н.Ю. Аддитивное производство с помощью лазера // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. Т. 2. № 4. С. 144-146.

**Тюрин Игорь Николаевич**

аспирант, Московский государственный университет дизайна и технологии, кафедра Художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий.

E-mail: [iniruyt@gmail.com](mailto:iniruyt@gmail.com)

**Гетманцева Варвара Владимировна**

к.т.н., Московский государственный университет дизайна и технологии, кафедра Художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий.

Tyurin I.N., postgraduate student.; Getmantseva V.V., c.e.s.

Moscow State University of Design and Tehnology, Department of Art modeling,  
designing and technology of garments

УДК 677.03

## **АНАЛИЗ ИННОВАЦИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЫ**

**Аннотация:** В статье проведен анализ инновационных разработок в области производства текстильных волокон с целью выбора путей совершенствования процессов проектирования одежды.

**Ключевые слова:** текстильные волокна, проектирование эргономичной одежды, высокопроизводительные волокна, высокофункциональные волокна, биомиметика и текстильные полотна, "умные" текстильные полотна.

**Abstract:** The article analyzes the innovation in the production of textile fibers in order to choose how to improve apparel design processes.

**Keywords:** textile fibers, ergonomic design clothes, high-perfomance fibres, high-functional fibers, biomimetics and textile fabrics, "smart" textile fabrics.

Развитие общества приводит к тому, что меняются взгляды на многие аспекты в социальной сфере, в том числе меняются взгляды на одежду, формируются новые требования к одежде, реформируются функции одежды. В последнее время можно четко проанализировать тенденцию роста показателей качества, связанных с эргономическими характеристиками одежды. Повышение уровня эргономичности одежды связано со многими факторами: характеристиками используемых материалов, конструктивными, декоративными и технологическими решениями изделий и др. Среди большого разнообразия ассортимента одежды наиболее эргономичной является спортивная одежда ввиду своего функционального назначения. С целью изучения факторов, влияющих на повышения эргономических показателей качества одежды, проведен анализ особенностей современного процесса проектирования и производства спортивных изделий, а также перспективные направления развития данной отрасли. Одними из немаловажных факторов, влияющих на эргономические показатели качества одежды, являются свойства и характеристики материалов, из которых изготавливается спортивная одежда.

Объем производства текстильных нитей и тканей для спортивной одежды резко вырос за последнее десятилетие. По данным исследования маркетингового агентства "Дэвид Ригби" [1], мировое производство текстиля для спортивной одежды и экипировки увеличилось с 841 000 тонн в 1995 году до 1 382 000 тонн в 2010 году. Данный факт отображает всплеск интереса людей по всему миру к активным видам спорта, появившийся вследствие проявления ряда социальных факторов: возросшее свободное время, повышенный интерес к собственному здоровью и внешнему виду и др.

Анализ сведений, имеющихся в различных научных и литературных источниках, показал, что эволюция в разработке волокон разных свойств прошла несколько фаз: от обычных волокон до высокофункциональных и высокопроизводительных волокон. И данная отрасль продолжает развиваться, что открывает широкие возможности для смежных отраслей, в том числе и для производства одежды. Изучение современных технологий производства волокон и перспектив их развития, позволит сориентировать направления совершенствования процессов проектирования одежды с целью производства конкурентоспособных высоко комфортных изделий [2, 21].

Самым популярным и общедоступным типом волокон для производства спортивной одежды является полиэстер. Также можно выделить полиамид, полипропилен, акрил и эластан. Синтетические волокна могут быть модифицированы в процессе производства [3]. Среди примеров можно привести производство полых волокон и волокон с неравномерным поперечным сечением; волокна смешанные с натуральными волокнами для повышения их термофизиологических и сенсорных параметров. Синтетические волокна со способностью к сопротивлению воздействию УФ-излучения и антимикробными добавками также являются применимыми в разработке спортивной одежды.

Наравне с такими традиционными техниками изготовления химических волокон, как формование из расплава сухим и мокрым способом формования, изготовление нитей из прядильного раствора, идут более современные техники: гелевый, би-компонентный способ - все это делает возможным изготовление волокон, нитей и тканей с уникальными характеристиками. В результате использования совмещенных способов формования, стало возможным производство тканей с внедренными механическими, физическими, химическими и биологическими функциями. Способ формования волокон из расплава оболочки / сердцевина позволяет изготовить волокна с дополнительной функцией. Так, например, фирма Unitika произвела первое тепловыделяющее волокно с сердцевиной, содержащей карбид циркония (ZrC). Так как ZrC абсорбирует солнечный свет (нижнюю границу инфракрасного и видимого диапазонов спектра) и излучает верхнюю границу инфракрасного излучения, человек, надевший одежду из такого типа волокон, чувствует себя гораздо теплее. Другой тип волокон содержит в себе керамические микрочастицы, позволяющие достичь высокой теплопроводности.

### **Высокопроизводительные волокна**

На сегодняшний день существует широкий диапазон высокопроизводительных волокон доступных для применения в производстве защитной спортивной одежды. Среди уже разработанных специальных волокон выделяют [4]:

- 1) арамидные волокна (р-арамидные волокна для обеспечения высокой прочности и баллистических характеристик; - т-арамидные волокна для обеспечения высокой огне- и жароупорности);
- 2) сверхвысокопрочные полиэтиленовые волокна (гелевое формование, сверхбольшая молекулярная масса полиэтиленовых волокон с экстремально высокой удельной прочностью и модулем упругости, большим химическим сопротивлением и сопротивлением истиранию);
- 3) полипропилен-сульфидное волокно (криSTALLическое термопластичное волокно с механическими свойствами, схожими с обычными полиэстровыми волокнами; обладают превосходным тепловым и химическим сопротивлением);
- 4) полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) (криSTALLическое термопластичное волокно с высоким тепловым сопротивлением и широкому спектру химических веществ);
- 5) новолоидные волокна (вулканизированный фенол альдегид) (обладают высокой огнеупорностью, крайне низкой способностью к плавлению, большим сопротивлением воздействию кислот, растворителей, химикатов и горючего, а также способностью к восстановлению влажности);

6) р-фенилен-2,6-бензодиоксол (прочность и модуль упругости этих волокон превосходит все остальные существующие волокна).

### **Высокофункциональные волокна**

При разработке высокофункциональных материалов для производства спортивной одежды необходимо учитывать требования к рабочим характеристикам: балансировки параметров драпируемости, термоизоляционности, водонепроницаемости, антистатичности, растяжимости, физиологического комфорта. Анализ исследований, проведенных в этой области за последнее десятилетие позволяет выделить ряд инноваций: внедрение новых подготовительных процессов и процессов отделки тканей, технологии изготовления с применением полимерных мембран. Текстильные полотна, используемые для производства спортивной одежды, с точки зрения геометрических характеристик, плотности упаковки и структуры составных волокон в нитях, а также с точки зрения конструкции тканей, являются материалом, специально разработанным для достижения необходимого рассеивания тепла и влаги при высоких уровнях метаболизма человека. Примером являются "умные" двухсторонние ткани и трикотажные полотна, структура которых обладает следующими особенностями: внутренняя поверхность, расположенная близко к человеческому телу, имеет оптимальную капиллярную влажность и сенсорные характеристики, в то время как наружная поверхность тканей обладает свойством оптимального рассеивания влаги [5].

В дополнение к инновациям в области высокофункциональных искусственных тканых полотен, существуют передовые технологии в производстве хлопковых и шерстяных тканей для спортивной одежды. Например, разработка "Спортшерсти" ("Sportwool") - технологии, защищающей от непогоды, в которой свойства составного волокна, нить и ткань, а также отделка ткани способствует созданию сухого и охлаждающего микроклимата [6]. Среди перспективных технологий можно выделить ткани Gore-Tex - высокофункциональные ткани, характеризующиеся влагозащитностью, способностью к абсорбции пота, высокой термоизоляции при малой толщине ткани.

### **Биомиметика и текстильные полотна**

Анализ исследований в области имитации "живых систем" - биомиметики показал, что в будущем является возможным воспроизведение молекулярной структуры и морфологии природных биологических материалов. Актуальные разработки проходят в области биомемической химии и создания тканей [7]. Примером может служить разработка водо- и грязеотталкивающих тканей, созданных посредством имитации структуры поверхности листьев лотоса. Принцип функционирования «водоотталкивающей системы» заключается в том, что вода стекает с поверхности, которая на микроскопическом уровне покрыта субстанцией наподобие воска с низким поверхностным натяжением.

### **"Умные" текстильные полотна**

В отношении "умных" текстильных полотен и интерактивных материалов завершено несколько разработок, представляющих особый интерес в отношении спортивной одежды. Эти материалы легко взаимодействуют с условиями окружающей среды и параметрами человеческого тела, таким образом создавая изменения в свойствах материала. Примером являются материалы с изменчивой фазой строения и полимеры с функцией запоминания формы, встроенные в слой текстильного полотна [8; 9]. Они могут взаимодействовать с человеческим телом и производить терморегуляцию микроклимата, существующего между одеждой и телом человека. Если наличия "умных" параметров текстильных полотен добавить к двум базовым: эстетическим и функциональным, это может привести к реализации защитной и безопасной одежды как персонализированной, пригодной для носки, информационной инфраструктуры.

Анализируя существующие разработки в области производства текстильных волокон можно сделать вывод, что наиболее перспективными направлениями является

разработка высокопроизводительных и высокофункциональных волокон, «умных» текстильных полотен, материалов, воспроизводящих молекулярную структуру и морфологию природных биологических материалов. Перспективным направлением является проведение исследований в области совмещения различных способов формования текстильных волокон. Текстильные полотна, произведенные из высокофункциональных волокон, позволяют изготавливать одежду с высокими гигиеническими показателями. В области исследования «умных» волокон особый интерес представляет материалы с функцией запоминания формы, а также особая подкатегория данных волокон – E-Textiles. Исследования в данной сфере позволяют получить разработки на стыке двух разных областей науки – технологии швейных изделий и электроники, благодаря которым возможно применение их в специальных разделах физиологии, для медицинских целей, для повышения собственной безопасности человека. Основные свойства высокопроизводительные заключаются в высокой прочности, а также способности сопротивлению теплу и химическим реагентам, что также имеет огромное значение в области производства одежды, однако требует специфического применения. Тот факт, что высокопроизводительные и «умные» волокна специально разработаны для нужд спортивной одежды по своим геометрическим и механическим свойствам, является осложняющим фактором для применения их в сфере производства одежды бытового назначения. Поэтому данная тема требует более глубокого и детального изучения.

#### **Библиографический список:**

1. David Rigby Associates (2002) Technical Textiles and Nonwovens: World Market Forecasts to 2010.
2. Гусева М.А. Виртуальная биомеханика для автоматизированного проектирования одежды. Дизайн и технологии. 2010. № 20 (62).
3. <http://sportmaterials.narod.ru/1SpOdegda.html>
4. Сидоренко Ю. Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы. Томск: Изд.-во ТГУ, 2006.
5. <http://www.web.fibrenamics.com/en/knowledge/the-fibers/functional-fibers/>
6. <https://csiropedia.csiro.au/sportwool/>
7. Biomimetic clothes by Chris / <http://www.explainthatstuff.com/biomimeticclothing.html> Woodford; August 26, 2016.
8. ISBN: 978-1-84569-005-2 "Intelligent Textiles and Clothing", Edited by: H. Mattila, 2006.
9. Shape-Memory Applications in Textile Design, Mustafa O. Gök, Mehmet Z. Bilir, 2005.

**Гришин Александр Владимирович**

Студент 3 курса Инженерно-Строительного Института Сибирского Федерального Университета. E-mail: [mdou160@mail.ru](mailto:mdou160@mail.ru)

УДК 725

## **ВОЗВЕДЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНКОВ И ПАРКОВОК В КРУПНЫХ ГОРОДАХ**

Приведены результаты исследований по проблеме организации в крупных городах системы парковок и стоянок автомобилей . Показана необходимость дифференциации параметров парковок различного типа по зонам города с учетом градостроительных, экономических и экологических характеристик территорий и застройки.

В настоящее время не существует единой классификации мест стоянки автомобилей в городах. Учитывая существующее многообразие видов стоянок автомобилей, можно принять следующую классификацию парковок:

- многоуровневые парковки ;
- подземные парковки ;
- подземно-надземные парковки ;
- круглосуточные стоянки (огороженные–охраняемые);
- муниципальные парковки (в ночное время);

площадки для стоянок автомобилей в жилой застройке. Многоуровневые (надземные, подземные или надземно-подземные) парковки обеспечивают наибольший и наиболее качественный набор услуг. Однако в настоящее время парковки подобного типа имеют наибольшую стоимость услуг и наибольший радиус обслуживания (в основном ,из-за малого количества их в городах). В то же время многоуровневые парковки имеют и несомненные преимущества: автомобили, оставленные в этих парковках ,защищены от неблагоприятного воздействия окружающей среды(дождь, снег, грязь и т. п.); при многоэтажном строительстве территории, занимаемая зданием, сравнительно малая .Подземные парковки в последнее время получили распространение в микрорайонах новой застройки при расположении их рядом или непосредственно под жилыми корпусами. Это обеспечивает наилучшую доступность жителей к своим автомобилям, а автомобилям создаются наиболее оптимальные условия для хранения независимо от состояния природной среды . Однако, учитывая особенности планировки и застройки жилых массивов (жилых микрорайонов и планировочных районов), подземные автостоянки под жилыми зданиями проектируются, как правило, в один этаж. Это несколько ограничивает их емкость, обеспечивая 40–60 % потребностей в парковочных местах. Многоэтажные подземные (или подземно-надземного типа) парковки могут создаваться на некотором удалении от жилых, деловых или производственных зданий, что обеспечивает устойчивость грунтового массива, безопасные способы возведения и эксплуатации сооружения, возможность строительства и ремонта инженерных сетей. Охраняемые автомобильные стоянки организуются на свободных от любой (жилой, промышленной, деловой) застройки территориях. Это могут быть участки после сноса ветхого жилого или любого другого фонда, участки перспективной застройки, не используемые в настоящее время, участки, непригодные под застройку, но временно используемые для стоянки автомобилей, и т. п. Основным преимуществом таких стоянок

является то, что на них ведется круглосуточное наблюдение за автотранспортом .Однако автомобили находятся на открытом воздухе и подвергаются всем воздействиям окружающей среды . Муниципальные парковки создаются на свободных территориях–площадях, магистралях, газонах микрорайонов и т.п. Как правило, это стоянки автомобилей в ночное время. Муниципальные образования, являясь собственником земель, на которых создаются стоянки подобного типа, сдают землю в краткосрочную аренду. Площадки для стоянок автомобилей в жилой застройке являются наиболее простым типом парковок для хранения автомобилей. Из всех видов благоустройства и инженерного оборудования они имеют лишь покрытие. Автомобили подвергаются воздействию всех факторов окружающей природной среды(как правило, не очень благоприятной для транспорта). Кроме того, никакого наблюдения и охраны автомобилей на таких стоянках не ведется, что не обеспечивает какую либо сохранность транспортных средств. В настоящее время деловая активность концентрируется в центре города или в прилегающих к нему районах. Об этом свидетельствует не только концентрация местоположений деловых зданий, но и другие данные. Так, в результате проведенных в г. Красноярске обследований установлено, что перевод жилого фонда в нежилой(для использования в качестве офисных помещений различных фирм и организаций) следующий:

- в центральной зоне города – до 40 %;
- в срединной зоне – до 30 %;
- в периферийной зоне – до 20 %.

Подобные соотношения означают, что в центральной зоне города потребность в офисных помещениях в 1,5–2,0 раза выше, чем на остальных территориях. Одновременно это означает и большую активность в посещении этих офисных помещений, а соответственно большую вместимость (площадь) автомобильных парковок возле них. Проведённое в г. Красноярске анкетирование владельцев автомобилей позволяет получить ответы на некоторые основные вопросы: 1. На вопрос о месте стоянки автомобиля в ночное время ответы распределились следующим образом:

- в боксовом гараже –5 %;
- во дворе, под окнами без охраны –16 %;
- на площадке парковки в жилой застройке –19 %;
- на муниципальной парковке –23 %;
- на подземной стоянке –8 %;
- на многоуровневой стоянке –2 %.

По данным анкетирования в настоящее время наибольшей популярностью пользуются круглосуточные стоянки на свободных от застройки участках. Несколько меньшим вниманием пользуются муниципальные парковки и площадки для стоянок автомобилей в жилой застройке. Незначительная часть автомобилей (всего до 10 %) хранится в многоуровневых и подземных стоянках. Но основное объяснение этому – очень малое количество подобных мест хранения автомобилей и их вместимость. 2. На вопрос о предпочтительных факторах при выборе места стоянки автомобиля ответы распределились следующим образом:

- стоимость услуг –43 %;
- качество предоставляемых охранных услуг –33 %;
- близость расположения стоянки к дому –10%;
- защищенность автомобилей от неблагоприятных факторов окружающей среды(снег, дождь, солнце и т. п.) –7 %;
- возможность приобретения постоянного места –4 %;
- наличие на стоянке дополнительных удобств (автомойка, шиномонтаж, автосервис и пр.) –2 %;
- другие факторы –1 %.

Как видно из приведенных данных, основная часть владельцев автомобилей отдает предпочтение низкой стоимости аренды машиноместа и качественной охране данной стоянки, вторая группа – близости автомобильной стоянки к месту проживания и защищенности автомобиля от возможных погодных воздействий. 3. На вопрос о наиболее популярном времени парковки в будние дни около 80 % опрошенных указали интервал времени от 18:00 до 8:30. Подобное единодушие среди автовладельцев означает, что проблема парковки в дневное время в настоящее время является не столь серьезной, так как автомобиль в дневное время(рабочее время) можно оставить на проезжей части, в соседних дворах, на газонах и прочих людных местах, где вероятность его сохранности будет наибольшей. В ночное же время резко возрастает вероятность угона автомобиля или воровства отдельных его частей и деталей, что и обуславливает интерес к охраняемым стоянкам. 4. На вопрос о наиболее популярном времени парковки в выходные дни ответы распределились следующим образом:

- интервал времени от 17:00 до 13:00 – 55 %;
- интервал времени от 16:00 до 12:00 – 25 %;
- интервал времени от 18:00 до 15:00 – 8 %;
- другое время – 12 %.

Таким образом, основная часть автовладельцев предпочитает поставить автомобиль на охраняемую стоянку от 16:00 до 13:00. Сводные технико-экономические показатели различных типов парковок автомобилей приведены в таблице. Обработка представленных результатов позволяет получить соотношения, которые можно использовать в предварительных расчетах при проектировании и строительстве системы парковок в городе:

$$(1) \quad C = 11,5 + 0,34 M;$$

$$(2) \quad C = 45,5 + 0,07 R;$$

$$(3) \quad M = 100 + 0,2 R;$$

где  $C$  – стоимость суточной аренды машино-места на парковке, руб./сут;  $M$  – вместимость парковки, машино-мест;  $R$  – радиус обслуживания парковки, м. Конечно, представленные результаты в таблице и в виде формул являются ориентировочными, позволяющими оценить возникшую ситуацию с организацией и строительством парковок различного типа. Однако все же наличие подобных рекомендаций позволяет более правильно оценить существующую ситуацию с организацией мест парковок автомобилей, емкостью отдельных парковок, расстоянием между ними и качеством предоставляемых в них услуг. В соответствии со СНиП 2.07.01-89\* [1, прил. 9] на 100 одновременных посетителей различных объектов города(отдых, культура, управление, финансы и пр.) необходимо предусматривать до 10–15 машино-мест. Но эти рекомендации предусматривают уровень автомобилизации 200–250 автомобилей на тысячу жителей. В то же время, как показывают прогнозные расчеты, на перспективу в г. Красноярске на расчетный срок 2025–2030 гг. уровень автомобилизации может составить 500–550 автомобилей на тысячу жителей(уже в настоящее время он составляет около 320 автомобилей на тысячу жителей). Поэтому количество необходимых машино-мест на парковках может быть скорректировано по формуле

$$(4) M = (100 \div 150) \div (200 \div 250) u$$

В формуле (4) принято: 10–15 машино-мест на 100 посетителей или 100–150 машино-мест на тысячу посетителей; 200–250 автомобилей на тысячу жителей – уровень автомобилизации населения, принятый в СНиП 2.07.01-89[1];

$и$  – расчетный уровень автомобилизации на проектный период, автомобилей на тысячу жителей. Конкретная дислокация и вместимость отдельных парковок различного типа должны определяться дислокацией – величиной, плотностью и видом учреждений посещения(управление, финансы, культура, отдых и т. п.). Несомненно, что отдельная стоянка может использоваться для обслуживания различных учреждений. В то же время следует отметить недостаток современной практики организации парковочных мест, когда каждая организация старается получить самостоятельную парковку, хотя бы на 2–3 машино-места. Это представляется нерациональным из-за чрезмерного расхода городской территории, особенно в центральной части города. При этом часто нарушаются все санитарные нормативы расположения автомобильных стоянок в городе – удаленность от жилой застройки, загазованность атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, вырубка деревьев и кустарников, уничтожение газонов, увеличение заасфальтированных или замощенных плитками территорий. Количество автомобилей в городе определяется как численностью жителей, так и уровнем автомобилизации:

$$(5) Q=u^*H$$

где  $H$  – численность населения города, тысяч человек,  $u$  – уровень автомобилизации, автомобилей на тысячу человек. Как показывают многочисленные обследования по г. Красноярску, транспортный парк города может быть поделен на 3 группы по виду использования: – автомобили, находящиеся на стоянках и не используемые автовладельцами по разным причинам (неисправность автомобиля, болезнь автовладельца, командировка и пр.), –8–15 %;

– находящиеся одновременно в движении на магистралях города: в час пик –16–18 %;

– в межпиковый период –6–8 %;

– находящиеся на стоянках и парковках: в час пик –69–74 %, в межпиковый период –79–84 %.

Суммируя эти данные, можно принять, что на стоянках города одновременно должно находиться следующее количество автомобилей:

$$(6) M=(0,70 \div 0,85)Q$$

Большинство автомобильных парковок, даже в часы пик, не загружены полностью. По результатам обследований парковок и стоянок в г. Красноярске установлено, что средняя загрузка их в наиболее напряженный период днем составляет 0,5–0,7, т. е. коэффициент неравномерности загрузки будет 1,5–2,0, поэтому общее количество мест на стоянках и парковках различного типа по городу должно составлять.

$$(7) M=(1,5 \div 2,0)(0,70 \div 0,85)Q=(1,3 \div 1,5)Q.$$

Какова динамика изменения объема парковочных мест, видно из следующего расчета. В настоящее время число жителей г. Красноярске

$H=1000$  тыс. чел. Современный уровень автомобилизации  $u = 400$  автомобилей на тысячу человек. Общее количество автомобилей и мест на парковках должны составлять: 400 1000

$$(8) Q=400*1000=400 \text{ тыс. авт.};$$

$$(9) M=(1,3 \div 1,5)*400=520 \div 600 \text{ тыс. авт.}$$

На расчетный период население города должно составить  $H=1200$  тыс. человек, а уровень автомобилизации  $u = 650$  автомобилей на тысячу жителей. Все это обуславливает соответствующие показатели:

$$(10) Q=650*1200=780 \text{ тыс. авт.};$$

$$(11) M=(1,3 \div 1,5)780=1014 \div 1170 \text{ тыс. машино-мест.}$$

Как видно из представленных данных, рост транспортного парка и, соответственно, необходимое количество машино-мест на парковках должны увеличиться в 1,95 (практически в 2 раза). Сегодня на более или менее оборудованных

стоянках(как правило, открытого типа) находится лишь 30–35 %, а остальные паркуются на любом свободном участке территории. Решение проблемы парковок легкового транспорта города наиболее простейшими и соответственно наиболее распространенными методами – строительством автомобильных стоянок на свободных территориях – потребует выделения в настоящее время 15–17 км<sup>2</sup> городской территории, а на перспективу – 30–35 км<sup>2</sup>. И это при том, что территория застройки в настоящее время составляет немногим более 100 км. Конечно, такое решение невозможно. Необходимо строительство многоэтажных парковок комбинированного типа – надземных, подземных или надземно-подземных. Это позволит не только повысить сервис парковочного хозяйства, но и существенно снизит расход городской территории. Если при строительстве автомобильных стоянок открытого типа (наиболее распространенных в настоящее время) выделяется 25–30 м<sup>2</sup> территории для стоянки одного автомобиля, то при строительстве многоэтажных гаражей-парковок удельный расход территории резко снижается до 3–5 м<sup>2</sup> на один автомобиль.

При выборе типа парковок следует учитывать экологическую и экономическую составляющие. При строительстве автомобильных стоянок открытого типа на один автомобиль должно выделяться 25–30 м<sup>2</sup> территории. Кроме того, как показали наши обследования автомобильных стоянок в г. Красноярске, вокруг каждой стоянки должна быть санитарно-защитная зона шириной 25–30 м в зависимости от емкости стоянки. Это приводит к увеличению расхода городской территории до 50–75 м<sup>2</sup> на каждое стояночное место, т. е. в 2–3 раза больше, чем необходимо собственно для стояночного места автомобиля. По СНиП2.07.01–89\*[1, п. 6.39 и табл. 10] расстояния от наземных и наземно-подземных гаражей до жилых домов, общественных зданий, лечебных учреждений, школ и дошкольных учреждений должны приниматься такими же, как и для открытых стоянок. Но этот принцип соответствует многоэтажным гаражам при естественной вентиляции внутренних помещений от выхлопных газов автомобилей. В настоящее время достаточно широко разработаны и внедрены в практику различные системы принудительного вентилирования с частичной очисткой от основных компонентов отработанных газов автомобилей. Кроме того, хранение автомобилей в утепленных парковках позволяет меньше расходовать топлива на маневрирование и подготовку автомобиля к поездке. Все это позволяет сократить расстояние от многоэтажных парковок до жилых зданий до 15 м (СНиП2.07.01–89\*, п. 6.37). Иными словами, размер санитарно-защитной зоны для многоэтажных парковок может быть существенно сокращен за счет более совершенного инженерного оборудования гаража –принудительной вентиляции с частичной очисткой удалаемого из внутренних помещений воздуха. Немаловажное значение при выборе типа автомобильной стоянки или паркинга имеет не только размер земельного участка, но и его расположение в плане города. В целях экономической заинтересованности в наилучшем использовании территориальных (земельных) ресурсов в г. Красноярске была введена плата за землю. Средняя ставка дифференцируется по местоположению и зонам различной градостроительной ценности. Границы зон определяются в соответствии с экономической оценкой территории и генеральным планом города. В соответствии со СНиП2.07.01–89\* (прил. 4, табл. 1 и2) вся городская территория поделена на 3 части – зоны различной степени градостроительной ценности территории– центральная(высокая), средняя(средняя) и периферийная (низкая). Коэффициенты комплексной градостроительной оценки территории (с учетом которых начисляются и ставки земельного налога) по указанным зонам города в среднем составляют: центральная –1,67, средняя –1,16 и периферийная –0,65 или в относительных величинах соответственно –1,00; 0,70; 0,40. Подобная дифференциация градостроительной и экономической ценности городской территории позволяет сделать выводы:

– в центральной зоне города с наиболее ценными (в указанных направлениях) земельными ресурсами предпочтительно устройство многоэтажных наземных, подземных или смешанных видов парковок, что позволяет существенно сократить расход городской территории под застройку и санитарно-защитные зоны гаражей;

– в периферийной зоне города с наименее ценными земельными ресурсами возможно строительство большего количества автомобильных стоянок открытого типа.

– для жилых микрорайонов предпочтительная (средняя) этажность надземных парковок должна составлять: для центральной части города – 10–15 этажей, для средней части – 5–7 этажей, для периферийной – 2–3 этажа;

– для общественных центров жилых и планировочных районов рекомендуемая высота автомобильных парковок (как и жилых, так и общественных зданий) должна составлять: для центральной зоны города – 5–6 этажей, для средней – 3–5 этажей и для периферийной – 2–3 этажа. Указанные рекомендации соотносятся с общей этажностью жилой застройки, обеспечением инсоляционного и ветрового режима территории. Естественно, в отдельных случаях при учете реальных факторов (рельеф местности, естественные преграды, транспортных магистрали и пр.) указанная этажность парковок может быть скорректирована.

### **Заключение**

В работе рассмотрены основные особенности различных типов парковок и стоянок легковых автомобилей в крупных городах. Наглядно показана необходимость учета не только транспортных особенностей крупных городов, но и градостроительных, экономических и экологических характеристик различных территорий города. Предложены закономерности между основными показателями парковок автомобильного транспорта.

### **Библиографический список:**

1. СНиП 2.07.01–89\*. Градостроительство.

Планировка и застройка городских и сельских поселений/ Госстрой России.– М.: ГУП ЦПП, 2000. –

58 с.

2. Конторович, И.Я. Рациональное использование территории городов/ И.Я. Конторович,

А.Б. Ривкин. – М.: Стройиздат, 1986. –172 с.

**Богданов Сергей Леонидович, Давиденко Тарас Андреевич,  
Елфимов Даниил Борисович**

**Sergey L. Bogdanov, Taras A. Davidenko, Daniil B. Elfimov**

Магистры кафедры биотехнических систем

Санкт-Петербургского электротехнического университета. E-mail: [ser.bgd@mail.ru](mailto:ser.bgd@mail.ru)

**Туманова Ульяна Сергеевна  
Ulyana S. Tumanova**

Бакалавр кафедры биотехнических систем Санкт-Петербургского электротехнического университета

УДК 612

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА РАСПОЗНОВАНИЯ БЫСТРОЙ ФАЗЫ СНА**

### *Аннотация.*

В данной статье были рассмотрены основные понятия, связанные со сном, его стадиями и возможностями их определения. Выявлены достоинства и недостатки существующих приборов и на основании этого поставлена задача разработки устройства, которое будет удобно в использовании для большинства людей и способное регистрировать данные во время сна.

**Ключевые слова:** фаза быстрого сна, вариабельность сердечного ритма, спектральный анализ ВСР, электроэнцефалограмма.

**Key words:** rem sleep, cardiac variability, spectral analysis, electroencephalogram

**Актуальность работы.** Множество физиологических экспериментов показали, что REM-фаза (фаза быстрого движения глаз) является самой благоприятной для пробуждения человека. Однако, как правило, подавляющее большинство людей просыпаются либо, при помощи будильника, установленного на определенное время, либо из-за воздействия других - случайных факторов, и это не означает, что человеческое пробуждение совпадает с благоприятной для этого фазой сна. Поэтому, для того чтобы обеспечить наиболее комфортные условия человеческой жизни стоит актуальная задача разработать простое, малогабаритное, не создающее неудобства при ночном использовании, техническое средство для определения благоприятной для пробуждения фазы сна.

Планируется разработка устройства для детектирования ФБС с помощью ночной маски, в которую встроены два блока датчиков. Целью изобретения является создание условий для ежедневного естественного пробуждения человека в наиболее оптимальную для психоэмоционального состояния фиксированную фазу сна в соответствии с заранее установленным временем. Время устанавливает пользователь, а устройство подбирает наиболее близкий к установленному времени момент для пробуждения, чтобы он соответствовал быстрой фазе сна.

Пробуждение в конкретную фазу сна необходимо для максимального снижения психоэмоционального напряжения, профилактики невротических психосоматических заболеваний, повышения интеллектуальной и физической работоспособности, улучшения настроения, восприятия памяти и в конечном счете общего сохранения здоровья. В устройство будет встроено два регистрирующих блока. Первый блок будет регистрировать движения глаза, а второй блок будет отслеживать пульсовую волну.

Помимо упомянутого блока в состав прибора входит блок регистрации глаза, микроконтроллер, обрабатывающий данные, аккумулятор, блок воздействия (пробуждения) и карта памяти для регистрации данных в течение всего ночного периода. Устройство выполняется в виде маски для сна.

**Объектом исследования** является биотехническая система, предназначенная для обнаружения быстрой фазы сна.

**Предметом исследования** является метод обнаружения быстрой фазы сна.

**Научная и практическая ценность** разрабатываемого блока заключаются в возможности его использования в составе систем, работающих с данными о текущей стадии сна человека.

Пребывание человека во сне является неотъемлемой частью его существования, поэтому расстройства сна всегда отражаются на всех сферах деятельности человека — физической и социальной активности, а также познавательной деятельности и других сфер. Как известно, сон занимает более трети времени человеческой жизни. Физиологически он неоднороден и имеет характерную структуру. Сон включает в себя различные функциональные состояния — стадии и фазы. Они чередуются в определенной последовательности и образуют циклы сна. Нарушение этих циклов является признаком расстройства сна, способным иметь серьезные негативные последствия для организма, такие, как: снижение работоспособности, утомляемости, нарушения деятельности сердечно сосудистой и центральной нервной систем.

Сон человека все-таки остается одной из самых загадочных тем физиологии человека. Во-первых, это связано с недостаточным пониманием функций сна. Во-вторых это связано теми процессами, которые протекают во время сна и во многом определяют не только состояние самого сна, но и период бодрствования, а также качество и продолжительность жизни человека. Хотя очень важно отметить, что в данном направлении отмечается определенный сдвиг. Профессор Пигарев И.Н. в свое время, теоретически обосновал, а также провел ряд экспериментов, подтверждающих разработанную им теорию «функционального предназначения сна». Концепция профессора Пигарева И.Н. является фундаментальной основой большинства научно-практических разработок. Она представляет собой обоснованную теорию функционального предназначения сна на современном этапе. Человеческий сон в значительной степени подвержен многочисленным факторам окружающей среды и в связи с бурным техническим развитием цивилизации все больше и больше испытывает «техногенное» давление.

С момента появления искусственной освещенности отмечается прогрессивное снижение продолжительности сна человека, а также смещение его в сторону задержки момента наступления фазы сна. С началом же эры массового использования персональных компьютеров, мобильных устройств и широкого спектра гаджетов сон человека все дальше отдаляется от своего естественного протекания.

Как известно, сон — это сложное психофизиологическое состояние, непосредственно определяющее психическую и биологическую активность человека. Несмотря на признание различий в определениях всех функциональных характеристик, а в особенности, нормальной продолжительности сна для человека, большинство авторов единодушны в том, что он является абсолютно необходимой жизненной потребностью человека. Более того, депривация сна является одним из самых мощных триггеров для стимуляции аномальной активности головного мозга. Во сне выявляется максимальная

концентрация соматотропного гормона, происходит пополнение количества клеточных белков и рибонуклеиновых кислот, осуществляется оптимизация управления внутренними органами, глубокое мышечное расслабление, переработка информации, полученной в предшествующем бодрствовании, и создается программа поведения на будущее.

## 1.2 Структура сна здорового человека

Человеческий сон неоднороден и состоит из циклов. Циклы же состоят из фаз сна. Так называемые фазы быстрого (REM) и медленного (NREM) сна. Сон здорового человека представляет собой чередование так называемых фаз «медленного» и «быстрого» сна. Фазу «быстрого» сна называют также REM-фазой сна или REM-соном (Rapid Eye Movement). Различные фазы сна повторяются в течение сна здорового человека несколько раз (обычно от 4 до 6 раз). На рисунке 1.1 показан типичная очередность и длительность всех стадий ночного сна для здорового человека.

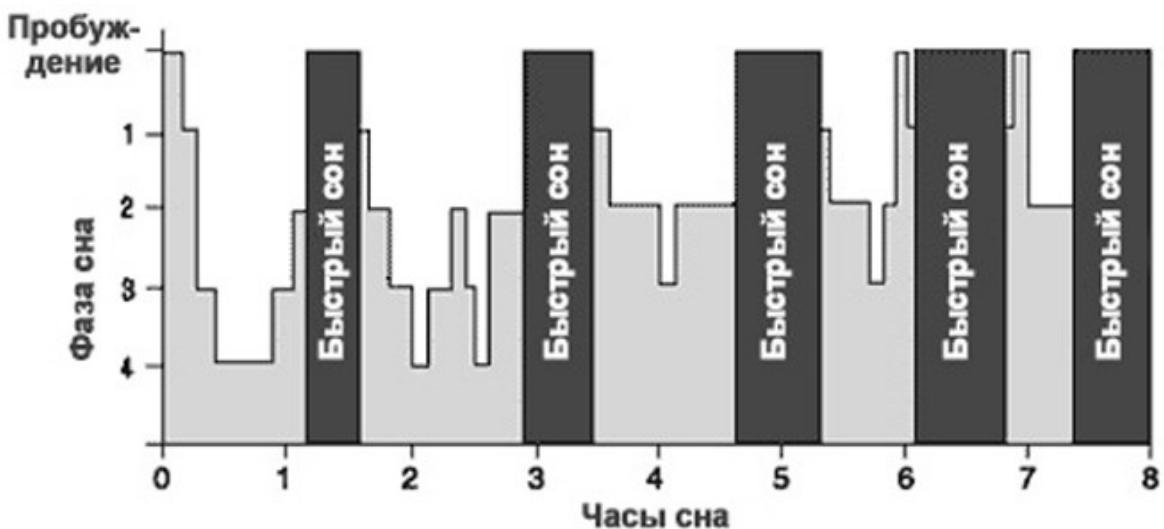


Рисунок 1.1 – Фазы человеческого сна

Если имеют место нарушения циклов сна, то они могут повлечь за собой повышенную утомляемость, психические и эмоциональные расстройства, весьма негативные последствия для нервной и сердечнососудистой системы. В настоящее время для исследования и диагностики сна применяют методы, позволяющие получить большой объем информации о состоянии человека, исследовать структуру и диагностировать заболевания сна. В настоящее время единственным объективным методом регистрации сна как физиологического процесса, а также диагностики различных патологических состояний, возникающих в период ночного сна, является полисомнография (ПСГ) – синхронная запись важнейших показателей жизнедеятельности организма во время сна [10; 22]. На рисунке 1.2. показана ночная регистрация полисомнографии. ПСГ как метод объективного исследования сна, сложилась в современную систему, начиная с описания в 1953 г. фазы сна с быстрыми движениями глаз (REM-сон). С тех пор минимальный сомнологический набор, абсолютно необходимый для оценки стадий и фаз сна, составляют электроэнцефалограмма (ЭЭГ), электроокулограмма (ЭОГ) и электромиограмма (ЭМГ). Одной из таких систем является полисомнография.



Рисунок. 1.2 – Полисомнография

Следует отметить, что ПСГ связана со значительным дискомфортом для исследуемого. Поэтому она уменьшает информативность и достоверность полученных данных. В связи с этим актуальной проблемой является уменьшение количества датчиков и электродов, прикрепляемых к телу испытуемого. Одной из интересных с научной и практической точки зрения задач является создание устройства для пробуждения человека в оптимальный для психоэмоционального состояния момент. Очевидно, что для решения этой задачи необходимо иметь возможность идентификации ФБС в структуре сна.

Поскольку для бытового применения ПСГ не подходят в силу своей специфичности, то актуальной задачей является распознавание ФБС альтернативными методами. Следующим важным этапом, обеспечившим обогащение знаний по физиологии сна, явилось создание «библии» современной, позволившей в значительной степени унифицировать и стандартизировать методику оценки стадий сна, применяемую по настоящее время. Бурное развитие новой отрасли медицинской науки, которой является сомнология (медицина сна), показало, что для диагностики различных патологических состояний, возникающих во сне, и выбора соответствующей тактики лечения триады «ЭЭГ, ЭОГ и ЭМГ», применяемой для оценки стадий сна, абсолютно недостаточно. Для этого необходима регистрация значительно большего количества параметров, таких как электрокардиограмма (ЭКГ), респираторная активность (ороназальный ток воздуха, дыхательные движения грудной и брюшной стенок), показатель насыщения крови кислородом ( $SaO_2$ ), положение тела в постели, движения конечностей во сне, часто приходится применять видеомониторирование поведения человека во время сна. Все богатство современной полисомнографии уже невозможно собрать воедино без применения современной техники, поэтому разработано значительное количество специальных программ для компьютерной обработки полиграфии сна. Качественная полисомнографическая запись позволяет провести полное и всестороннее изучение всех параметров спящего человека и собственно сна как физиологического процесса. Кроме того, с помощью этого метода можно исследовать влияние как тех или иных заболеваний на сон, так и нарушений сна на различные нозологические формы.

Современное состояние вычислительной техники и микропроцессорных технологий позволяет применять диагностическое оборудование, способное регистрировать и обрабатывать широкий спектр физиологических показателей на протяжённых промежутках времени [25-27]. Это, в свою очередь, предоставляет специалистам возможность детально исследовать жизнедеятельность организма человека в различных состояниях: в процессе выполнения специфической деятельности, при воздействии на организм всевозможных нагрузок, в процессе сна. Результатом таких исследований являются длительные записи физиологических сигналов, которые необходимо обрабатывать – выявлять специфические признаки и осуществлять с их помощью классификацию различных сегментов исходной

записи сигналов по определённым критериям. Одной из актуальных и интересных с научной и практической точки зрения задач в этой области является задача распознавания стадий сна и построения гипнограммы.

Систематическое пробуждение в неоптимальную фазу сна может стать причиной невротических расстройств и прочих нарушений. Для решения этой задачи необходимо иметь возможность идентификации ФБС в структуре сна. Поскольку для бытового применения ПСГ не подходят в силу своей специфичности, то актуальной задачей является распознавание ФБС альтернативными методами.

### **1.3 Способы детектирования фазы сна**

Первые попытки регистрации физиологических показателей с помощью примитивного оборудования были предприняты более 100 лет назад. С тех пор в этой области был выработан ряд стандартов и договоренностей. В частности, в 1968 г. вышел в свет и был принят в качестве стандарта справочник Rechtschaffen & Kales(R&K). В нём подробно описывались стадии сна и характерные признаки каждой из них. Было предложено разбить сон на пять стадий: стадии с медленным движением глаз (I, II, III, IV) и стадию быстрого движения глаз (БДГ). В процессе исследования сна регистрируется широкий набор различных по своей природе физиологических показателей:

- электрокулограмма (ЭОГ) – движение глазных яблок в двух отведениях относительно контрлатеральных референтов;
- электромиограмма (ЭМГ) – тонус мышц;
- электроэнцефалограмма (ЭЭГ) – электрическая активность мозга;
- электрокардиограмма (ЭКГ);
- кожно-гальваническая реакция (КГР);
- кровяное давление и другие показатели.
- параметры дыхания. Регистрируются датчиком, установленным на специальном поясе в области груди или живота, либо датчиком потока дыхания;
- храп. Регистрируется с помощью специального микрофона;
- изменение содержания кислорода в крови ( $SpO_2$ ).

Обязательными сигналами для построения гипнограммы являются первые три показателя: ЭЭГ, ЭОГ и ЭМГ. Остальные показатели являются вспомогательными и в ряде случаев могут повысить надежность выявления стадий сна или достоверность диагностики тех или иных заболеваний. Для исследования стадий сна вся запись сигналов разбивается на интервалы фиксированной длины, называемые эпохами. Используемая в экспериментах длина эпохи – 30 секунд. Процесс исследования многочасовой. На рисунке 1.3 приведен полисомнографических данных.

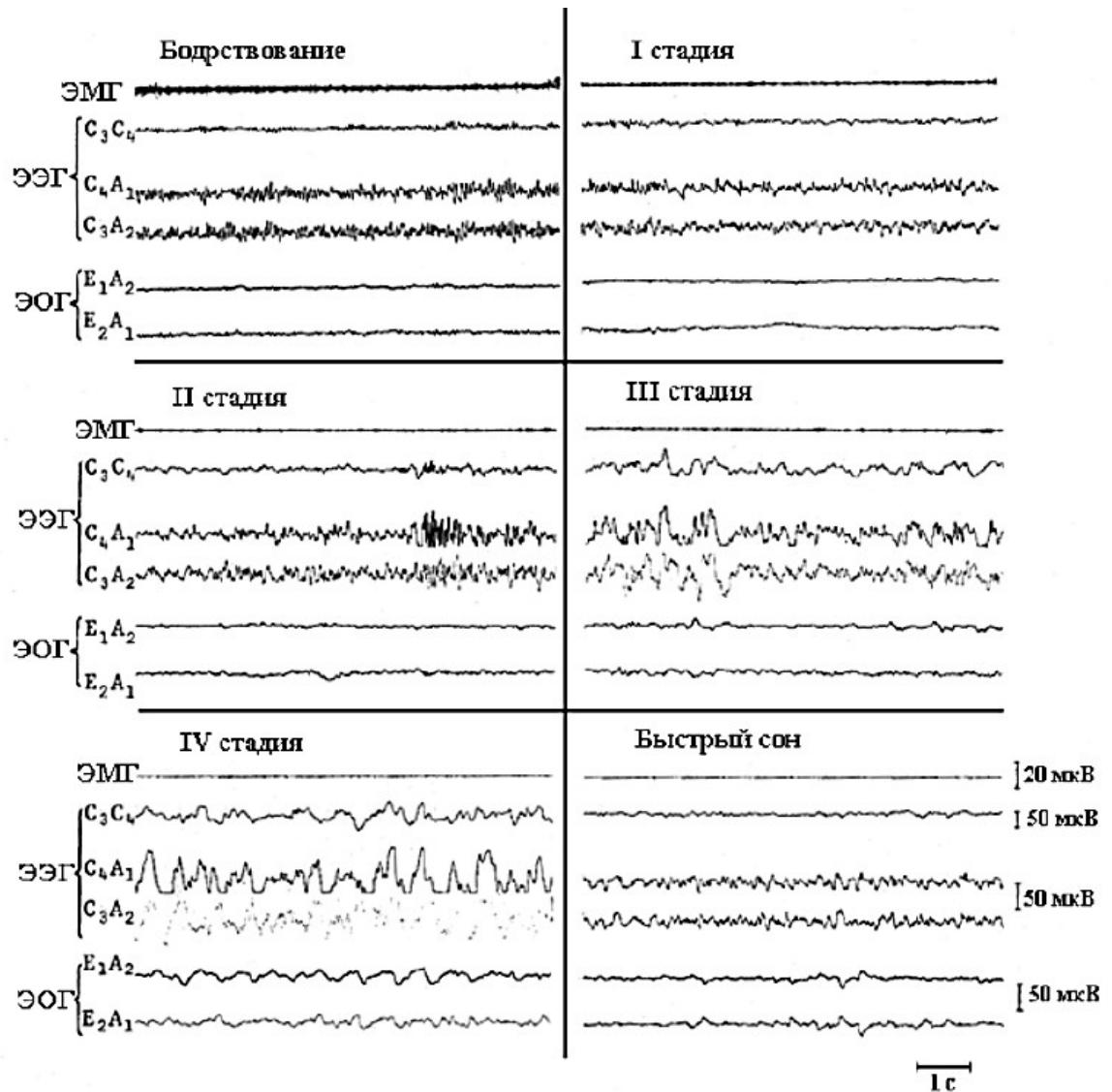


Рисунок. 1.3 – ЭКГ, ЭМГ, ЭОГ

В настоящее время задача распознавания стадий сна и автоматизированного построения гипнограммы с разным успехом решалась многими исследователями. Основная сложность этой задачи состоит в том, что стандарт R&K был выработан и сформулирован в виде рекомендаций для врачей-клиницистов, использующих визуальный анализ сигналов и оперирующих словесными, плохо поддающимися численной и формализованной оценке, характеристиками. Кроме того, сигналы, которые необходимо обрабатывать, и образы, которые надо распознавать, подвержены влиянию большого числа посторонних возмущающих воздействий (артефактов) и изменяются в зависимости от индивидуальных особенностей пациентов, таких, как возраст, образ жизни, различные заболевания, реакция на влияние окружающей среды. В связи с вышеизложенным можно оценить задачу разработки и реализации предлагаемого алгоритма как актуальную и требующую для её решения применения новых, неординарных методов обработки данных и технологий программирования.

Как известно, сон имеет огромное значение в жизнедеятельности и здоровья человека. С ним связано общее психоэмоциональное состояние человека, интеллектуальная и физическая деятельность, восстановление физических сил, работоспособности, снятие утомления. Во время сна происходит избирательный отбор информации и формирование долговременной памяти. Во сне эмоциогенные зоны мозга освобождаются от избыточных эмоциональных возбуждений, накопившихся в течение бодрствования, происходит

эмоциональная релаксация. Сон влияет на вегетативные функции, снижает уровень метаболических процессов в организме. Во время сна в мозге происходит выработка биологически активных веществ эндогенных пептидов, гормонов (например, пропактина), от которых зависит психоэмоциональное состояние, биологическая регуляция жизненно-важных функций, и уровень которых снижается при бодрствовании. По своей электроэнцефалографической структуре сон неоднороден. Во время ночного сна регистрируются 5 стадий, которые периодически повторяются и имеют свою физиологическую специфику 1-я дремота или стадия засыпания, 2-я стадия неглубокого, медленного сна, 3-я и 4-я стадии дельта-сна, 5-я стадия «быстрый сон» или «парадоксальная стадия сна». В настоящее время детально изучены фазы сна и описаны различные нарушения ЭЭГ структуры сна при психоневротических и других заболеваниях. Сон является антистрессорным фактором и вместе с тем психоэмоциональное напряжение стресс вызывают в числе невротических расстройств нарушения сна и его структуры. Важнейшим компонентом в цикле сон-бодрствование является пробуждение. Этот процесс сопряжен с резким изменением функции мозга и всего организма. У многих людей состояние пробуждения вызывает психоэмоциональное напряжение и сопровождается подавленным настроением, головной болью, слабостью и т.д. Следует отметить, что ПСГ связана со значительным дискомфортом для исследуемого и, как следствие, уменьшает информативность и достоверность полученных данных. В связи с этим актуальной проблемой является уменьшение количества датчиков и электродов, прикрепляемых к телу испытуемого.

Достижения в плане автоматизации процессов распознавания фаз человеческого сна дают возможность сделать вывод о том, что новый метод должен обладать следующими характеристиками:

- довольно высокой достоверностью построения гипнограммы
- минимальными требованиями к ресурсам вычисления и, возможностью функционирования в реальном времени (сейчас рядом исследовательских групп активно разрабатываются автономные приборы мониторинга сна);
  - самостоятельная адаптация алгоритма под множество различных классификаций фаз человеческого сна, а также правила построения гипнограмм;
  - обладать применимостью алгоритма к данным различных групп пациентов (физиологические паттерны сна у различных возрастных категорий испытуемых могут существенно отличаться.)
- Решение задачи распознавания стадий сна можно разделить на следующие составляющие:
  - обработка первичных данных, регистрируемых многофункциональной диагностической системой, и расчет вторичных показателей (индексов выраженности ритмов, признаков наличия информативных графоэлементов – БДГ, сонных веретён и К-комплексов);
    - статистическая обработка полученных данных
    - определение базовых свойств распределения каждого из вторичных показателей для каждой из фаз человеческого сна;
    - выполнение для каждой эпохи исследования оценки того, насколько её набор вторичных показателей близок к признакам каждой из известных стадий сна, и выбор наиболее близкой фазы человеческого сна;
    - верификация гипнограммы, проверка её на соответствие заданным правилам.

Расчет индексов вторичных показателей осуществляется с помощью спектрального и периодометрического анализа.

#### **1.4 Исследования**

Медицинскими исследованиями установлено, что различные фазы сна достаточно уверенно определяются путем регистрации различных биоэлектрических сигналов, например, по электроэнцефалограмме, отражающей биоэлектрическую активность мозга, электромиограмме, отражающей мышечную активность, или электроокулограмме, характеризующей изменения биопотенциалов во время движения глаз. Однако указанные методы применимы в условиях медицинских учреждений со специально подготовленным персоналом и не могут быть использованы в обычных условиях жизни человека. Кроме того, на сон влияют многочисленные факторы внутреннего и внешнего характера, и даже у одного человека течение сна может проходить по-разному. Поэтому благоприятная для пробуждения фаза сна должна определяться для конкретного человека с учетом его текущего психофизиологического состояния и условий сна. Известны различные способы и устройства, предназначенные для пробуждения человека во время благоприятной для этого фазы сна, которые основаны на текущих измерениях физиологических параметров спящего человека.

Психологические наблюдения показывают, что самостоятельно проснувшись рано утром, человек испытывает хорошее самочувствие и настроение, но если он заснул вновь и проснулся через несколько часов в результате уже внешнего сигнала, то он может испытывать усталость, вялость, подавленное настроение и т. д. Это же подчеркивает житейский общечеловеческий опыт, когда мы говорим: «встал не с той ноги». Поэтому, если невозможно исключить из жизни фиксированное, насильтвенное пробуждение, то по крайней мере, необходимо обеспечить пробуждение в оптимальную для психофизиологического состояния человека фазу сна. Ни один из известных в настоящее время способов и устройств эту задачу не решают.

В повседневной жизни обычным способом фиксированного пробуждения является использование часов («будильника») с предварительной установкой назначенного времени для подачи пробуждающего звукового сигнала. Однако совершенно очевидно, что фиксированная во времени подача пробуждающего сигнала может попадать в разные фазы сна, а значит при внешнем насильтвенном пробуждении человек может проснуться в неоптимальную для его психофизиологического состояния и здоровья фазу сна. В утреннем пробуждении после ночного сна отсутствует какая-либо связь с физиологическими стадиями сна.

Разработка способа и устройства для ежедневного естественного пробуждения человека в оптимальную для психофизиологического состояния в соответствии с заранее установленным временем – это задача стоит перед наукой уже долгое время.

Существует разработка, способ которой основан на регистрации электроэнцефалограммы и выявлении определенной фазы сна, которую индивидуально подбирают и устанавливают и с которой синхронизировано включение звукового сигнала в заданный определенный интервал времени, фиксированного для включения пробуждающего сигнала. Изобретение может быть использовано для создания оптимального психоэмоционального состояния, организации здорового образа жизни, поддержания работоспособности и профилактики невротических и психосоматических расстройств. Предназначен для широкого практического использования. Подобное изобретение относится к бытовой медицинской технике. Оно может быть использовано для создания оптимального психоэмоционального состояния, организации здорового образа жизни, поддержания работоспособности и профилактики невротических и психосоматических расстройств. Однако, подобное изобретение будет наносить определенный дискомфорт для спящего, ведь регистрация электроэнцефалограммы требует подключение электродов к голове. Очевидно, что при внешнем насильтвенном пробуждении при помощи будильника или других лиц не может быть учтена оптимальная фаза сна и сон может внезапно прерваться в неподходящий момент. Вместе с тем от того, в какой именно фазе сна проснется человек, может существенно зависеть его

психоэмоциональное состояние, настроение, работоспособность в течение дня, устойчивость к стрессу.

Анализ указанных известных технических решений показывает, что они либо не обеспечивают достаточную надежность определения начала и окончания REM-фазы сна, либо создают осуществленные неудобства спящему человеку за счет значительного числа закрепленных на нем датчиков.

Одной из интересных с научной и практической точки зрения задач является создание устройства для пробуждения человека в оптимальный для психоэмоционального состояния момент, которое не будет создавать дискомфорт во время сна.

**Выводы.** В данной статье были рассмотрены основные понятия, связанные со сном, его стадиями и возможностями их определения. Выявлены достоинства и недостатки существующих приборов и на основании этого поставлена задача разработки устройства, которое будет удобно в использовании для большинства людей и способное регистрировать данные во время сна.

#### **Библиографический список:**

1. Захаров, Е.С., *Автоматизированное распознавание стадий сна*. 2008.
2. Helen J. Burgess, J.T., Young Kim, and David Luke and U.o.M. Department of Psychology, Parkville, Victoria 3052, Australia, *Sleep and circadian influences on cardiac autonomic nervous system activity*. 1997.
3. Ковальzon В.М., Д.В.Б., *Цикл Бодрствование-сон и биоритмы человека при различных режимах чередования светлого и темного периода*. 1999.
4. Грубов В.В., А.А.О., Ситникова Е.Ю., and А.Е.Х. Короновский А.А., *Вейвлетный анализ сонных веретенен на ЭЭГ и разработка метода их автоматизированной диагностики*. 2011.
5. Эмилио Ваноли , Ф.Б.А., . Ба-Лин , Джан Д. Пина ,Ральф Lazzara , Уильям С. Opp, *Вариабельности сердечного ритма при выполнении определенных стадий сна* 1995.
6. Дерк-Ян Дейк, Т.Л.С., Жанна Ф. Даффи,Джозеф М. Ронда,Чарльз А. Czeisler, *Изменение электроэнцефалографического активности в течение не-быстрого движения глаз и быстрого сна движения глаз с фазы циркадного ритма мелатонина в организме человека*. 1997.
7. Плотников А.В., Кандидатская диссертация - *Цифровой монитор для суточной регистрации ЭКГ*. 2000.
8. Артюхова, М.Г., *Нарушение сна у кардиологических больных* ФГУ «ГНЦ социальной и судебной психиатрии им. В.П. Сербского», Москва 2010.
9. Калинкин, А.Л., *Сон человека — загадка для современной науки* 2013.

**Соболев Никита Владимирович**  
магистрант Петрозаводского государственного университета  
E-mail: [sobol-94@mail.ru](mailto:sobol-94@mail.ru)

**Тихомиров Александр Андреевич**  
Доцент Петрозаводского государственного университета

УДК 621.311

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

### Аннотация

Разработан и создан экспериментальный макет компенсатора реактивной мощности основанного на электромеханическом взаимодействии. Проведены экспериментальные испытания. Получено экспериментальное подтверждение правильности теоретических предположений о возможности использования электромеханического эффекта для компенсации реактивной мощности.

### Введение

Электромеханический компенсатор реактивной мощности состоит из железных сердечников, которые расположены в ряд таким образом, что между ними помещены электромагниты, каждый сердечник имеет секционную обмотку, намотанную посередине сердечника. Электромагниты подключаются в сеть последовательно. Секционная обмотка подключена параллельно к электрической сети через автотрансформатор и выпрямитель, что позволяет получить эффективную мощность в соответствии с выражением [1]:

$$C = \frac{m}{4B^2 n^2 L^2} \quad (1)$$

, где  $B$  - индукция магнитного поля,  $L$  - длина витка,  $m$  - масса электромагнитов,  $n$  - общее число сетевых витков в пазах.

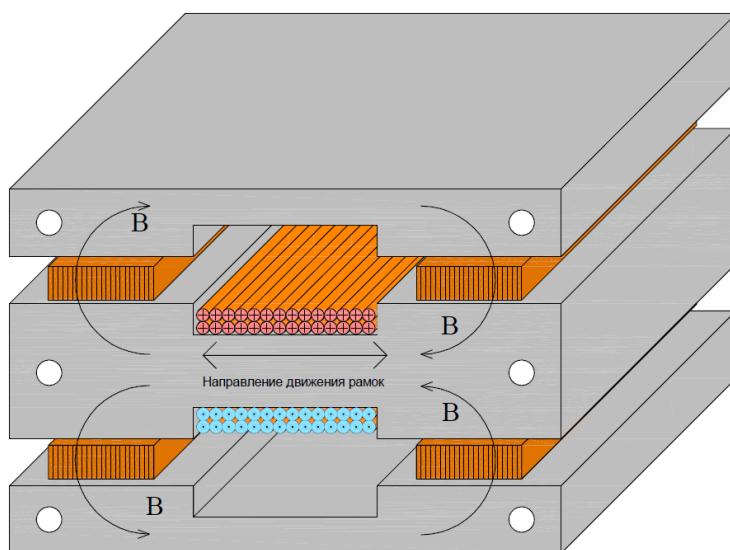


Рисунок 1 - Электромеханический компенсатор реактивной мощности.

Благодаря такому строению компенсатора, возможно, повысить КПД электроснабжения, уменьшив габариты по сравнению с существующими аналогами, и

также, при замене автотрансформатора на логический контроллер есть возможность подключать несколько секций одного компенсатора, в зависимости от того, какую реактивную мощность в сети необходимо скомпенсировать.

### Основная часть

На собранном прототипе была проведена серия экспериментов, в которых задавалось значение тока на секционной обмотке, и изменялось напряжение на обмотках электромагнита, при этом регистрировали на экране осциллографа сдвиг фаз между током и напряжением на рамках. Параметры опытного образца компенсатора реактивной мощности на электромеханическом эффекте:

- Ширина 0,25м
- Длина 0,3м
- Высота 0,35м
- Ширина зазора между секциями 0,007м
- Секционная обмотка - 156 витков  $R=0.49\Omega$
- Рамка 10 витков,  $R=0.031\Omega$ ,  $L=158\mu\text{Гн}$ , сечение 1,5x2,6 мм

Схема экспериментальных измерений показана рисунок 2.

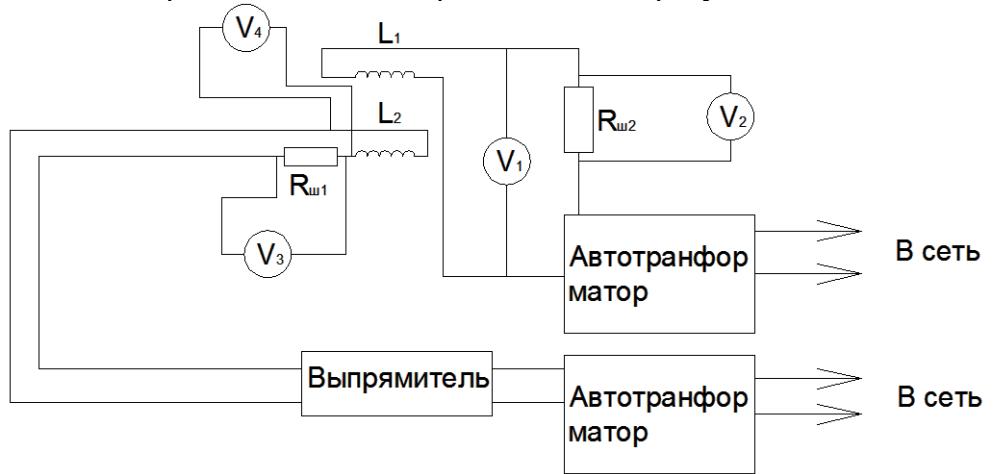


Рисунок 2 - Схема эксперимента по испытанию компенсатора реактивной мощности на основе электромеханического эффекта

$L_1$  – рамка компенсатора, ток на ней регулируется автотрансформатором. Вольтметр  $V_1$  измеряет напряжение на рамке, вольтметр  $V_2$  измеряет падение напряжения на шунте  $R_{ш2}$ , для последующего расчета тока, протекающего по рамке.  $L_2$  – обмотка постоянного электромагнита, подключенного к выпрямителю и автотрансформатору. Вольтметр  $V_4$  измеряет напряжение на обмотке, вольтметр  $V_3$  измеряет падение напряжения на шунте  $R_{ш1}$ , для последующего расчета тока, протекающего по обмотке.

На рисунке 2 представлена зависимость эффективной емкости компенсатора реактивной мощности на основе электромеханического эффекта от тока намагничивания.

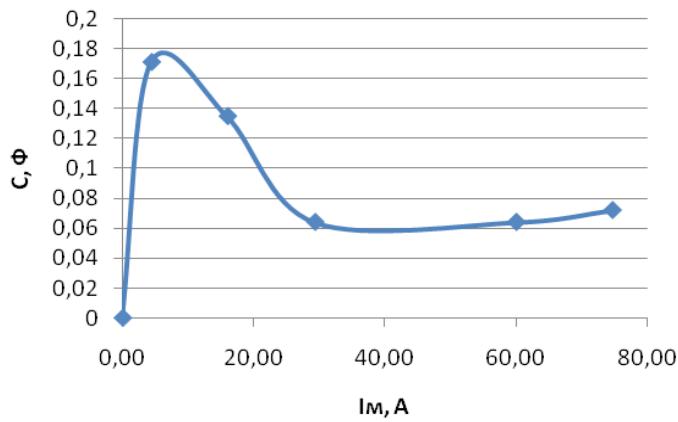


Рисунок 2 - Зависимость эффективной емкости от тока на постоянном магните.

Из представленной на рисунке 2 зависимости следует максимальное значение эффективной емкости, которое составило 0,18 Ф. Причем после достижения максимального значения эффективная емкость начинает быстро падать достигая устойчивого значения при дальнейшем увеличения тока намагничивания. При увеличении тока подмагничивания происходит увеличение выдаваемой реактивной мощности в сеть, до определенного значения обусловленного насыщением сердечника компенсатора реактивной мощности.

### Заключение

В результате данной работы была собрана опытная модель компенсатора реактивной мощности, на которой провели серию экспериментов, в ходе которых подтвердили наличие электромеханического эффекта компенсации реактивной мощности, за счет создания эффективной емкости. Наблюдалось уменьшение отставания тока от напряжения, т.е уменьшение угла  $\phi$ , а затем и опережение током напряжения, что свидетельствует о том, что данный прототип успешно скомпенсировал свою собственную индуктивность, и затем начал выдавать емкостную реактивную мощность в сеть. Соответственно данное устройство и созданные на его основе рабочие образцы можно использовать для компенсации в сети.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития ПетрГУ 2012-2016 г.

### Библиографический список:

- Сысун В. И., Тихомиров А. А. Поступательный электромеханический компенсатор реактивной мощности // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №. 8-1 (15).

**Соболев Никита Владимирович**  
магистрант Петрозаводского государственного университета  
E-mail: [sobol-94@mail.ru](mailto:sobol-94@mail.ru)

**Тихомиров Александр Андреевич**  
Доцент Петрозаводского государственного университета

УДК 621.311

## ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ 3-ФАЗНОМ СИММЕТРИЧНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЛИНИИ Л-398 (МОНЧЕГОРСК)

### **Аннотация**

В работе рассчитывается переходный процесс при 3-хфазном коротком замыкании с целью получения огибающей переходного процесса и рассмотрение возможности её использования при построении адаптивной релейной защиты.

### **Введение**

Сегодня для защиты объектов энергосистемы от аварийных режимов, и в частности от токов короткого замыкания применяют релейную защиту. Главная проблема в релейной защите стоит в определении аварийного режима энергосистемы. Например, при несимметричных коротких замыканиях (однофазные короткие замыкания, неметаллические короткие замыкания) из-за невозможности точного определения аварийного режима падает надежность релейной защиты и её быстродействие. При неправильном срабатывании релейной защиты, как при ложном, так и при отказе срабатывания, наносится огромный экономический ущерб в виде повреждения электрического оборудования и простоя работы предприятия.

Расчет переходного процесса при 3-хфазном замыкании является наиболее простым. При 3-х фазном симметричном замыкании ток, напряжение и сопротивления фаз одинаковы, поэтому уравнение токакороткого замыкания можно составить и решить только для одной фазы [1].

### **Основная часть**

Схема замещения, использованная для расчета линии Л-398 (Мончегорск) представлена на рисунке 1.

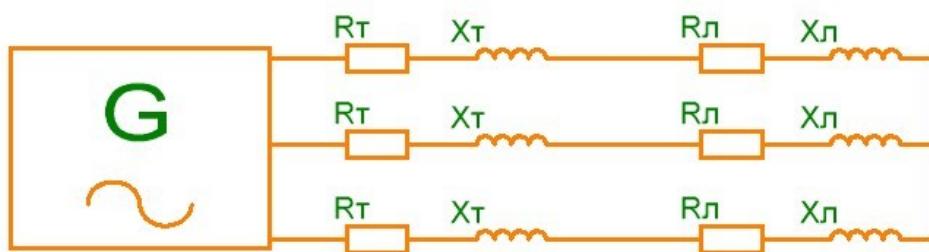


Рисунок 1 - Схема замещения, использованная для расчета линии Л-398

Уравнение равновесия при трехфазном симметричном коротком замыкании для фазы А имеет следующий вид:

$$U_A = i_A \cdot R_k + L_k \cdot \frac{di_A}{dt} \quad (1)$$
$$U_A = i_A * R_k + L_K \frac{di_A}{dt}$$

Где  $L_K$  - эквивалентная индуктивность фазы А с учетом индуктивности других фаз

Где  $R_K$  -эквивалентное сопротивление фазы А.

Решение дифференциального уравнения (1) имеет вид:

$$i = \frac{U_m}{Z_K} \sin(\omega t + \phi) + i_{a|0} e^{\frac{-t}{T}} \quad (2)$$

где  $Z_K = R_K + j\omega L_K$ ,  $T = \frac{L_K}{R_K}$ .

Здесь  $i_{a|0}$  амплитудное значение периодической составляющей тока,  $U_m$ -амплитудное значение напряжение,  $Z_K$  сопротивление до точки короткого замыкания.

Амплитудное значение периодической составляющей тока для линии Л-398 составило  $I_{mn}=1200 A$ . [2]

Результаты расчетов тока по времени представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов

t, с	I, А
0	1200
0,005	2335,577
0,01	1076,524
0,015	-183,075
0,02	958,5046
0,025	2110,654
0,03	867,5074
0,035	-384,473
0,04	764,0829
0,045	1930,266
0,05	700,646
0,055	-545,966
0,06	607,4116
0,065	1785,589
0,07	567,5902
0,075	-675,456
0,08	481,0138
0,085	1669,548
0,09	461,6445
0,095	-779,279
0,1	378,8936
0,105	1576,47
0,11	377,4393
0,115	-862,516
0,12	296,2427
0,125	1501,803
0,13	310,6686
0,135	-929,242

0,14	229,205
0,145	1441,898
0,15	257,8793
0,155	-982,726
0,16	174,6881
0,165	1393,83
0,17	216,302
0,175	-1025,59
0,18	130,2124
0,185	1355,251
0,19	183,7161
0,195	-1059,93
0,2	93,78921
0,205	1324,28
0,21	158,3405
0,215	-1087,43
0,22	63,82367

График полученного переходного процесса представлен на рисунке 2.

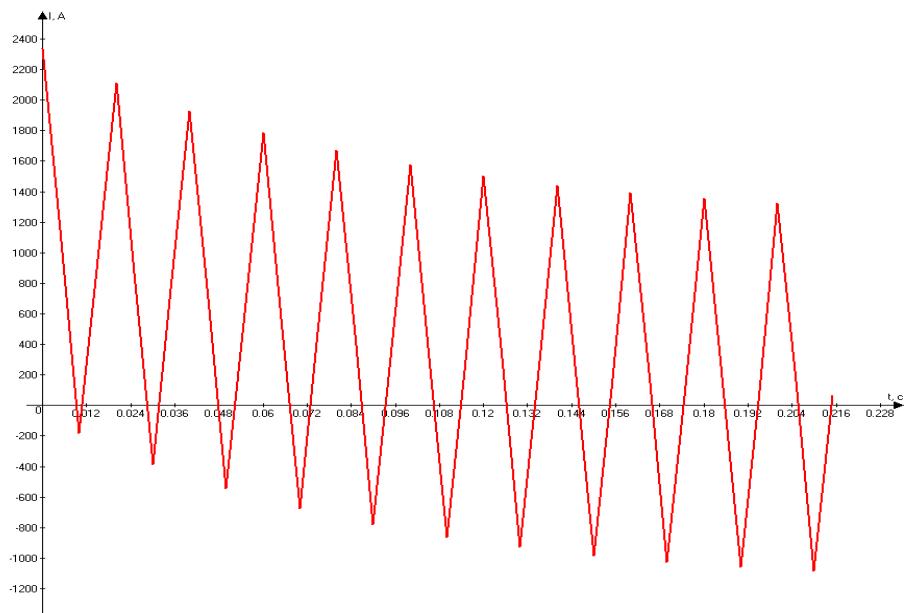


Рисунок 2 - Переходный процесс при 3-х фазном симметричном токе короткого замыкания  
По полученному переходному процессу была построена огибающая. График огибающей представлен на рисунке 3.

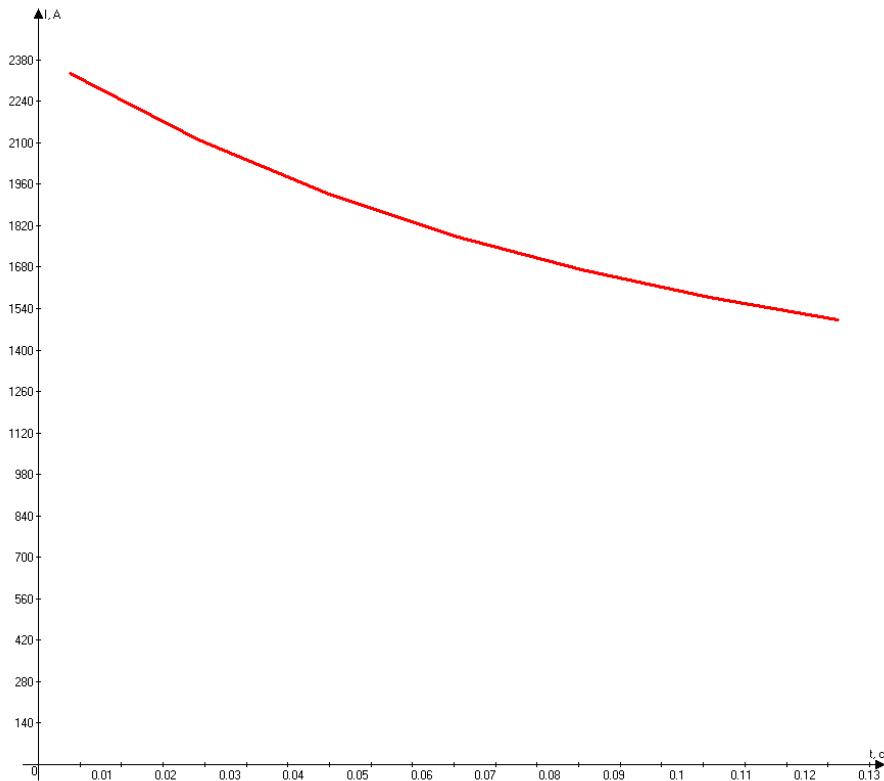


Рисунок 3 -Огибающая переходного процесса при 3-х фазном симметричном коротком замыкании

### Заключение

Полученные значения переходного режима установления тока 3-х фазного короткого замыкания на линии Л-398 (Мончегорск) показывают, возможность анализа типа короткого замыкания по огибающей переходного процесса. Это может быть использовано при построении более простых токовых релейных защит без применения преобразования Фурье. Применение токовых защит работающих на основе динамического анализа позволяет повысить надежность срабатывания релейной защиты высоковольтных линий электропередач и уменьшить экономические издержки при повреждениях и простоях силового электрического оборудования.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития ПетрГУ 2012-2016 г.

### Библиографический список:

1. А.Э. Бобров, А. М. Дяков, В. Б. Зорин, Л. И. Пилющенко, Т. М. Чупак.- Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах.// СФУ 2009 г. – 176 с
2. Электронный ресурс: [http://edu.petrsu.ru/files/upload/diploma/2016/publish/p\\_1829909.pdf](http://edu.petrsu.ru/files/upload/diploma/2016/publish/p_1829909.pdf)

**Яковлев Валерий Павлович**  
академик Международной академии социальных технологий (МАСТ).  
E-mail: [yakvalpal@mail.ru](mailto:yakvalpal@mail.ru)

## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВЫРАБОТКИ И РАСХОДА ТОПЛИВА НА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТАХ

### 1. Введение

Прибор позволяет контролировать выработку машинно-тракторных агрегатов в колхозах, совхозах, фермерских хозяйствах и иных субъектах сельскохозяйственного производства, предоставляет сведения об оптимальных составах тракторных агрегатов, режимах их работы, нормах выработки и расхода горючего, даёт данные по рабочей скорости (км/час) агрегатов «трактор-плуг» по пахоте стерни однолетних культур в зависимости от класса грунта, сменных норм выработки в га и расход топлива (кг/га).

Прибор может быть использован агрономами, инженерами, механизаторами при подготовке механизаторских кадров на технических курсах при профтехучилищах, учебных заведениях сельскохозяйственного профиля, непосредственно на рабочем месте механизатора, экономистов хозяйств, бригадиров, работников учёта и планирования, преподавателей специальных дисциплин сельскохозяйственных учебных заведений, мастеров производственного обучения, на курсах повышения квалификации инженерно-технических работников и специалистов сельскохозяйственного производства при Российской академии сельскохозяйственных наук.

Типичные конфигурации плуга и его подвески на пахотном агрегате

### 2. Технические характеристики и правила пользования прибором

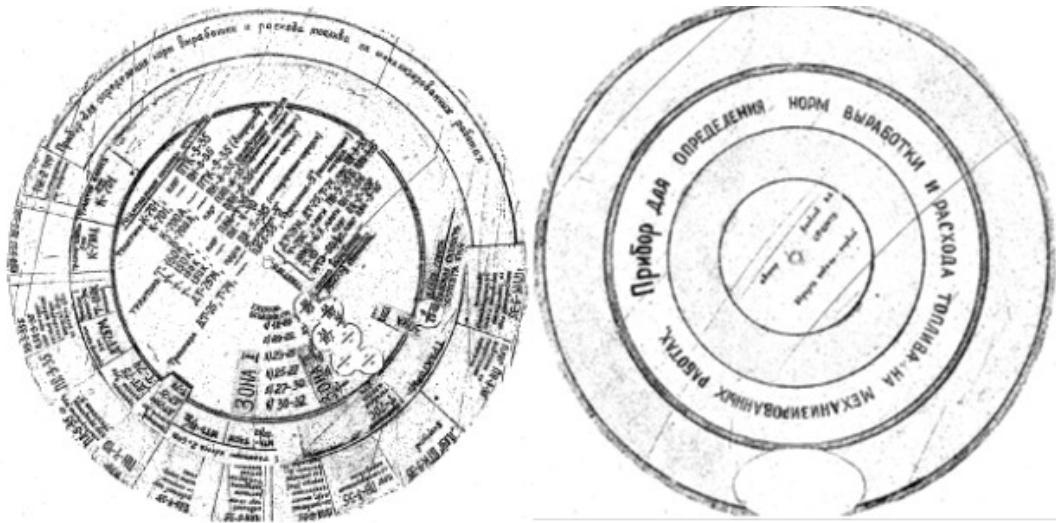
В основу «Прибора» введена конструкция поворотных дисков, скреплённых на одной оси. На внутренней части одного из них нанесён цифровой материал, полученный математическими приёмами расчёта, а также Центральной республиканской сельскохозяйственной нормативной станцией. На внешней стороне диска в строго ориентированном положении выполнены фигурные прорези с указанием марок тракторов, плугов, глубины пахоты, состава агрегатов, выработки, расхода топлива в зависимости от 8-го класса грунта, 1-й группы поля, глубины вспашки от 18 до 32 см. В конструкции «Прибора» учтены 14 разнообразных рациональных составов агрегатов. Правильное и умелое пользование «Прибором» позволит влиять на увеличение производительности труда и снижение материальных и трудовых затрат на производство единицы сельскохозяйственной продукции, улучшение учёта по экономии горючего при больших площадях пашни.

Правила пользования прибором следующие:

- Совмещаем диски таким образом, чтобы получить желаемый состав агрегата, например: трактор К-701 и плуг ПТК-9-35. При этом марки тракторов указаны на венце малого диска, марки плугов - на венце большого. Рациональные составы агрегатов указаны в центральной части малого диска. На совмешённых дисках обозначения марок тракторов и плугов должны находиться в одном столбце.
- В зоне «I» находим необходимую глубину вспашки (например: 23-25 см, что соответствует порядковому номеру - 3). В зоне «II» определяем в числителе норму выработки (га), а расход топлива (кг/га) - в знаменателе (10,4/25,2), необходимо смотреть в «прорезь», соответствующую номеру 3).

- В зоне «III» определяем в знаменателе рабочую скорость агрегата (км/час); в числителе находим класс грунта: 8/6,2-8,3.

При установке диска на другой желаемый состав агрегата (это делается поворотом диска относительно своей оси) во всех отмеченных зонах: I, II, III, получаем другие цифровые значения всех вышеуказанных параметров.



Внешний вид дисков прибора для определения норм выработки и расхода топлива на механизированных работах

При необходимости цифровые значения, указанные на диске, можно корректировать в зависимости от территориальной зоны, местных условий, длины поля и количества разворотов, групп полей. Возможно увеличение объёма информации по рабочей скорости агрегата при изменении глубины пахоты, что существенно влияет на коэффициент загрузки трактора и полезный расход топлива.

### 3. Творческое наследие А.Г. Шлихтера

На предлагаемой первой конструкции прибора-определителя В.П. Яковлева внесены цифровые значения, заимствованные из типовых норм на механизированные работы (Издание 3-е, дополненное и переработанное, выпущенное на МСХ, Центральной республиканской сельскохозяйственной станцией, НИИ экономики и организации сельского хозяйства имени А.Г. Шлихтера).

Александр Григорьевич Шлихтер (1868-1940) - видный советский государственный и партийный деятель, политолог, учёный-экономист, Народный комиссар продовольствия РСФСР (31.12.1917-25.02.1918), и.о. народного комиссара земледелия РСФСР (13.11.1917-24.11.1917), вице-президент АН УССР (1931-1938).

### 4. Выводы и предложения

Прибор позволяет в зависимости от класса грунта, группы полей, применяемых составов агрегатов из тракторов и плугов разных марок, глубины пахоты, определять сменные нормы выработки, расход топлива, рабочую скорость агрегатов.

Применение прибора-определителя В.П. Яковлева доступно для всех, упрощает пользование нормативными материалами на рабочем месте механизатора, обучаемых в училищах механизаторов широкого профиля, а его исполнение в оргстекле позволяет обеспечить долговечность и хороший эстетический внешний вид.

Для применения прибора-определителя в разных регионах СНГ и других странах возможно его использование, конечно не нарушая принципа его работы, с другими цифровыми значениями по определению показателей, например - из справочника: «Типовые нормы выработки в растениеводстве», автор Химченко Г.Т., г. Москва, Россельхозиздат, или других, аналогичных, согласованных с зональными исследовательскими станциями разных регионов России и ближнего зарубежья.

В «Приборе» компактно и наглядно сосредоточены все необходимые данные по агрегатированию рациональных составов агрегатов. «Прибор» представляет собой остроумно продуманный наглядный носитель информации по механизированным работам в растениеводстве, является ценным дидактическим материалом и практическим руководством для преподавателей и мастеров производственного обучения при подготовке механизаторских кадров в учебных заведениях сельскохозяйственного профиля, непосредственно на рабочем месте механизатора и т.п., позволяет вести контроль знаний учащихся во всей группе одновременно, используя усовершенствованный способ безмашинного контроля знаний учащихся.

Подобных «Приборов» в учебном процессе нет, он может быть рекомендован к внедрению в хозяйствах Крыма с большими объёмами пахотных работ, учебном процессе при проведении занятий по производственному и теоретическому обучению по целому ряду тем в сельских профессионально-технических училищах, занимающихся подготовкой трактористов-машинистов широкого профиля. Данное предложение имеет большую практическую ценность в практике преподавания предметов: «Сельскохозяйственные машины», «Тракторы», «Механизация сельскохозяйственных работ» и изучения их на практических занятиях. Рекомендуется использовать во всех сельскохозяйственных организациях службами учёта и контроля за расходованием горюче-смазочных материалов, а также в учебных заведениях сельскохозяйственного профиля.



Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2016