

УДК 612.821.3

**И.Г. Городецкий, Е.Н. Городецкая, В.А. Мацкевич, А.В. Чунтул,  
Н.В. Якимович**

**ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРА «СКЭНАР» В КАЧЕСТВЕ НОВОГО  
МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

*На операторов, находившихся в состояниях утомления и монотонии, производилось электроимпульсное воздействие прибором «СКЭНАР». Различия в работоспособности до и после воздействия оказались высоко достоверными.*

*Утомление; работоспособность; электростимуляция; «СКЭНАР».*

**I.G. Gorodetskiy, E.N. Gorodetskaya, V.A. Matskevich, A.V. Chuntul,  
N.V. Yakimovich**

**THE ESTIMATION OF THE SCENAR DEVICE APPLICATION AS THE NEW  
METHOD OF THE INCREASE of OPERATOR'S WORKING CAPACITY**

*The operators who were in the conditions of exhaustion and monotonia, were influenced by electropulse produced by SCENAR device The difference in working capacity before and after this influence proved to be highly authentic.*

*Exhaustion; working capacity; electrostimulation; SCENAR.*

**Цель эксперимента** заключалась в том, чтобы изучить характер и степень изменения показателей качества деятельности и цены деятельности после воздействия прибором «СКЭНАРОМ» на фоне развития состояния утомления и монотонии в результате выполнения многочасовой операторской деятельности (на аппаратном комплексе «АМОД»).

Для достижения цели предстояло выполнить ряд задач:

1. Группа испытуемых должна была выполнять многочасовую (около 5-ти часов) операторскую деятельность на комплексе «АМОД», в ходе которой у каждого из них начинало развиваться и усиливаться состояние утомления и монотонии.

2. Экспериментатор с помощью аппаратного комплекса должен был фиксировать показатели качества деятельности испытуемых (точность выполнения действий по слежению за объектом и управлению им) и уровень сложности предъявляемых ему режимов слежения, которые адаптивно подбирались самой программой в зависимости от результатов работы оператора.

3. Посредством компактного полиграфа, входящего в состав комплекса «АМОД», должна была регистрироваться синхронно с деятельностью цена психофизиологических усилий (в качестве показателя была выбрана частота сердечных сокращений – ЧСС).

4. Через определенные интервалы рабочего времени, когда начинало развиваться утомление, экспериментатор должен был останавливать работу и в течение 6-7 минут оказывать на испытуемого воздействие прибором «СКЭНАР», после чего работа должна была возобновляться (таких периодов воздействия планировалось осуществить 3 в течение 5 часов).

5. В эксперименте приняли участие 22 испытуемых, среди которых соотношение мужчин и женщин было равным. Все они являлись студентами технического вуза в возрасте 20-25 лет.

### Методика эксперимента

Для моделирования операторской деятельности применялся программно-аппаратный комплекс «Адаптивная модель операторской деятельности» («АМОД»). Комплекс «АМОД» включает: 2 связанных между собой компьютерных монитора, один из которых служит рабочим местом экспериментатора, а другой – рабочим местом испытуемого, системный блок со специальным программным обеспечением, периферические устройства (клавиатуру, мышь) и компактный полиграф серии «Реан-Поли» (мод. «04») для регистрации психофизиологических показателей состояния испытуемого (ЭКГ, ЧСС, КГР, ЭЭГ). Данный комплекс использовался исследователями ранее в целом ряде экспериментов [1–5].

С помощью данной аппаратуры воссоздавалась модель операторской деятельности: деятельность слежения за перемещающимся объектом с целью коррекции его движения. В программе заложен адаптивный режим подбора степени трудности заданий для испытуемого: чем лучше работает оператор, тем сложнее становятся предлагаемые ему для выполнения задачи – это означает, что частота перемещения объекта на экране возрастает (автоматический и многоуровневый принцип изменения сложности заданий).

Для оценки качества деятельности оператора использовалась переменная, включающая два компонента: продуктивность деятельности и время успешной деятельности, посчитанные на каждом минутном интервале. Продуктивность деятельности рассчитывалась как произведение частот перемещения объекта по оси X и оси Y, за которым должен был следить оператор, удерживая курсор внутри объекта. Чем сложнее была предъявляемая оператору задача слежения, тем выше оказывалась и величина произведения частот, отражающая его достигнутую продуктивность в работе. Время успешной работы определялось количеством секунд, в течение которых оператору удавалось удерживать курсор внутри объекта.

Синхронно с регистрацией качества деятельности испытуемого производилась запись фотоплетизмограммы с помощью полиграфа «Реан-Поли». На основе данного показателя по специальной компьютеризированной методике осуществлялся расчет ЧСС – частоты сердечных сокращений (усредненный показатель за 1 минуту). Средний уровень ЧСС, просуммированный за 10 минут работы, использовался как показатель цены деятельности на данном участке.

В качестве средства повышения работоспособности оператора применялся прибор электроимпульсной стимуляции «СКЭНАР» производства ЗАО ОКБ «Ритм», г. Таганрог.

Принцип его применения заключается в том, что к разным точкам плечевого пояса человека прикладывают прибор в действующем режиме: «СКЭНАР» продуцирует электрические сигналы определенной частоты на тело человека.

Основные характеристики интерактивного нейрорадаптивного электростимулятора «СКЭНАР», определяющие его уникальные корректирующие возможности и выделяющие его из всех известных к настоящему моменту физиотерапевтических приборов, заключаются в следующем:

- форма электрического сигнала напоминает естественный нейроимпульс;
- высокоамплитудное (но не повреждающее) воздействие, способное возбудить, не повреждая, все типы нервных волокон человеческого тела;
- отсутствие (или существенное уменьшение) процесса привыкания, так как благодаря наличию биологической обратной связи каждый последующий импульс отличается от предыдущего.

Аппараты серии «СКЭНАР» формируют импульсы тока высокой амплитуды с частотой, которая может быть установлена в пределах от 15 до 350 Гц (основные частоты воздействия – 60 или 90 Гц).

Изменчивость формы воздействующего импульса определяется динамикой кожного импеданса конкретного человека и считается одним из важных факторов, определяющих клиническую эффективность аппаратов серии «СКЭНАР». Именно в силу этого обстоятельства, наряду с таким естественным способом изменения воздействующих импульсов, в аппаратах предусмотрены режимы программной модификации воздействующего сигнала – амплитудная и частотная модуляции.

Важной особенностью прибора является его способность получать обратную биологическую связь от организма, иными словами, прибор способен улавливать «проблемные» (отклоняющиеся от индивидуальной нормы) электроимпульсные частоты конкретного индивида и корректировать их за счет электростимуляции до достижения единого уровня частот в различных точках плечевого пояса. В этом смысле прибор «СКЭНАР» является адаптивным прибором, т.е. автоматически адаптирующимся к особенностям конкретного организма, и этим он существенно отличается от всех своих аналогов – других приборов электростимуляции.

#### **Результаты исследования**

Собранные экспериментальные материалы включали данные:

1) по качеству деятельности (показателю, учитывающему сложность задач и время успешного их выполнения);

2) по цене деятельности (показателю ЧСС).

Прежде чем перейти непосредственно к описанию полученных результатов, обратим внимание на еще один важный момент. Качество деятельности регистрировалось непрерывно в течение всего эксперимента, т.е. на протяжении почти 5-ти часов рабочего времени, поэтому накоплен огромный массив данных. Однако наиболее информативными участками деятельности являются начальные и конечные стадии работы в каждом из четырех сеансов деятельности.

Исходя из этого для анализа были взяты первые 10 минут от начала работы в каждом сеансе и последние 10 минут от конца сеанса (обратный отсчет времени). Чтобы учесть качество работы (либо цену деятельности) за все 10 минут в целом, были просуммированы показатели, полученные применительно к каждой минуте. Необходимо подчеркнуть, что первое воздействие «СКЭНАРОМ» началось лишь перед II-м сеансом. Обратимся теперь к гистограмме на рис. 1, которая отражает динамику показателей качества деятельности на наиболее информативных участках работы. Каждая колонка гистограммы представляет собой суммированный (накопленный) за 10 минут показатель качества, который был получен сначала по каждому из 22 испытуемых, а затем усреднен для группы в целом.

Как видно из рис. 1, уровень качества деятельности на начальных стадиях тех сеансов, которые происходили после воздействия «СКЭНАРОМ», намного выше по сравнению с начальным уровнем деятельности до применения «СКЭНАРА». Насколько отмеченные нами различия уровня качества на начальных стадиях являются достоверными, будет показано позже в таблице с результатами расчета t-критерия. Сейчас важно обратить внимание на то, что внутри каждого сеанса, кроме первого, прослеживается тенденция к плавному понижению качества деятельности к концу сеанса – это является признаком развития процесса утомления и монотонии в данных сеансах. Отсутствие снижения качества деятельности в I-м сеансе, возможно, объясняется тем, что за первые полтора часа работы операторов на комплексе «АМОД» не появилось выраженного состояния утомления и монотонии, но во II-м и последующих сеансах оно уже стало появляться.

Насколько существенным (статистически достоверным) был прирост уровня качества деятельности после применения «СКЭНАРА» показано в табл. 1, где сравнивается качество работы, которое имело место до и после применения электроимпульсного воздействия.

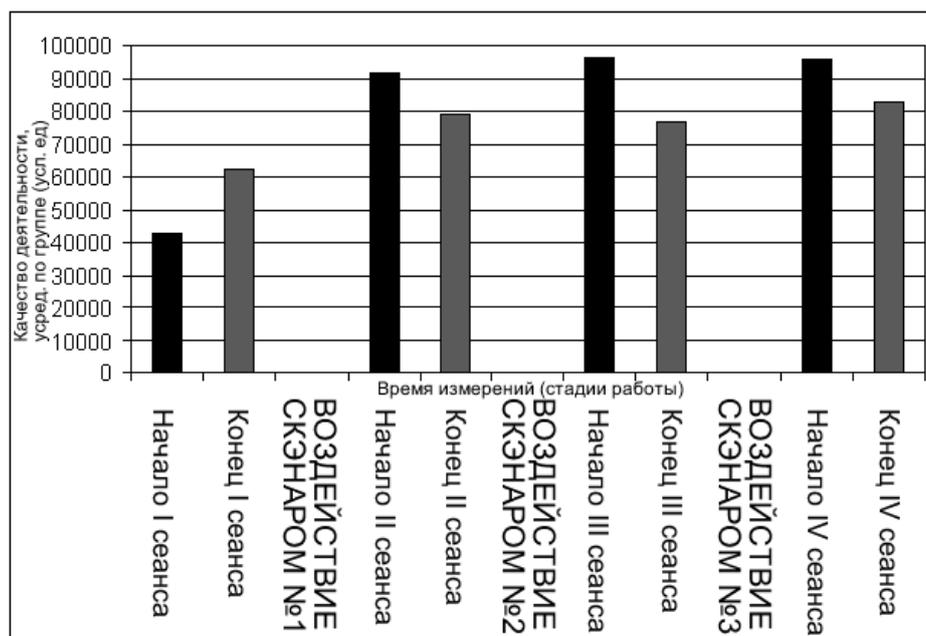


Рис. 1. Показатели качества деятельности, замеренные на начальной и конечной стадиях каждого сеанса работы

Таблица 1

**Достоверность различий между показателями качества, измеренными на конечных стадиях сеансов (до воздействия «СКЭНАРА») и начальных стадиях следующих сеансов (после воздействия «СКЭНАРА»)**

Названия показателей и их номера в SPSS	Величина t-критерия	Уровень значимости	Степень достоверности различий
I К <sub>к</sub> и II К <sub>н</sub> (V22 и V33)	t = - 2,608*	p=0,016	Достоверные различия
II К <sub>к</sub> и III К <sub>н</sub> (V44 и V55)	t = - 1,554*	p=0,135	Различия на уровне тенденции
III К <sub>к</sub> и IV К <sub>н</sub> (V66 и V77)	t = - 7,381*	p=0,000	Высоко достоверные

\*Знак «минус» в величинах t-критерия в таблице означает, что второй показатель из двух сравниваемых является большим по величине, чем первый показатель.

Из табл. 1 видно, что в начале сеансов, перед которыми применялся «СКЭНАР», качество деятельности выше на статистически достоверном уровне

или близком к нему, чем качество деятельности, которое наблюдалось за 7 минут до его применения, – это дает основание для вывода о наличии позитивного эффекта от воздействия «СКЭНАРОМ».

Рассмотрим, как изменялась цена деятельности у операторов под влиянием «СКЭНАРА». Как известно, нормальной частотой сердечных сокращений при выполнении профессиональной деятельности считаются показатели в районе 70-75 ударов в минуту. Динамика показателей цены деятельности отражена на рис. 2.

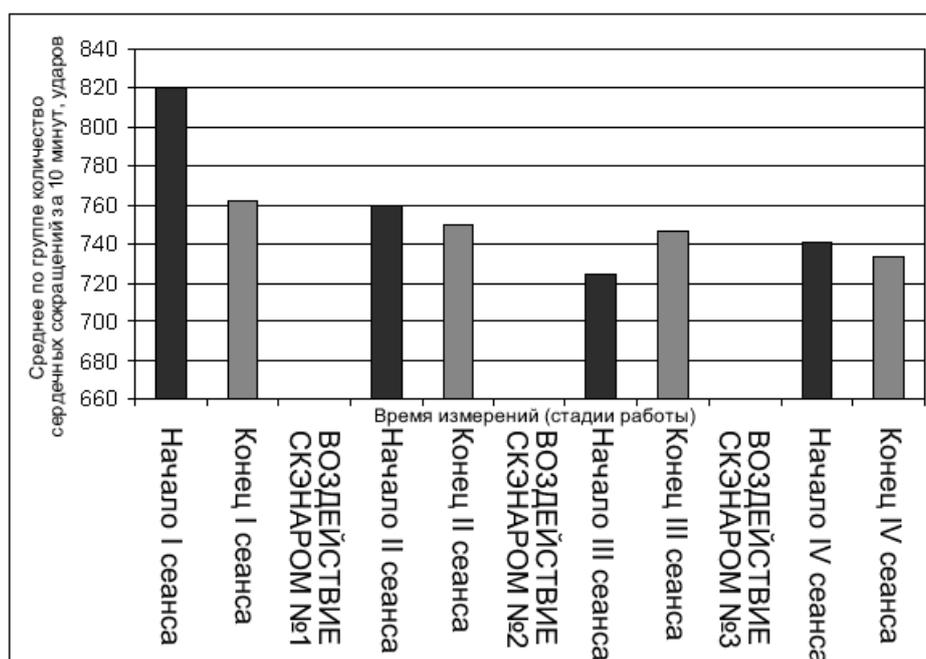


Рис. 2. Показатели частоты сердечных сокращений (ЧСС) на начальной и конечной стадиях каждого сеанса работы

На рис. 2 видно, что самая большая цена деятельности наблюдалась в течение первых десяти минут работы в первом сеансе, что обусловлено, вероятнее всего, новизной поставленной перед испытуемыми задачи. Но в дальнейшем от сеанса к сеансу показатель ЧСС понижался, все больше приближаясь к показателям нормы. Общая тенденция к понижению ЧСС к концу эксперимента связана, на наш взгляд, с двумя факторами: с одной стороны, хорошо освоенная деятельность требует меньше психофизиологических затрат, а с другой стороны, ослабление сердечно-сосудистой деятельности обусловлено развитием некоторого утомления к концу сеансов.

Самый высокий уровень ЧСС наблюдался в начале работы – в среднем 82 уд/мин., но постепенно он снижался и приходил к значениям нормы, т.е. к 72-74 уд/мин.

Статистическое сравнение показателей ЧСС по t-критерию Стьюдента показало, что снижение ЧСС происходило плавно от сеанса к сеансу, т.е. было небольшим и недостоверным. Только воздействие «СКЭНАРОМ» перед 3-м сеансом работы привело к достоверному снижению ЧСС ( $t = +2,617, p = 0,018$ ).

Небольшое и плавное понижение цены деятельности к концу эксперимента в сторону нормальных значений ЧСС указывает на то, что благодаря «СКЭНАРУ» операторы приходят к окончанию многочасовой деятельности в относительно нормальном физическом состоянии: без признаков выраженного утомления и истощения ресурсов организма.

Ограниченные рамки статьи не позволяют представить данные о субъективных ощущениях испытуемых и их индивидуальных реакциях на воздействие, но в общем виде они отражены в выводах.

#### Выводы

1. В эксперименте с помощью аппаратного комплекса «АМОД» удалось смоделировать процесс утомления у испытуемых в ходе выполнения ими операторской деятельности в течение трех последних сеансов работы, т.е. на 3-м, 4-м и 5-м часах работы.

2. Поскольку в начале сеансов, перед которыми применялся «СКЭНАР», качество деятельности всегда оказывалось значительно (достоверно) выше, чем качество деятельности, которое наблюдалось за 7 минут до его применения, это доказывает наличие позитивного эффекта от воздействия «СКЭНАРОМ».

3. При трехразовом применении «СКЭНАРА» не наблюдалось постоянного затухания эффективности воздействия от одного раза к другому, что указывает на отсутствие эффекта привыкания.

4. «СКЭНАР» оказывал длительное по времени и устойчивое влияние на работоспособность операторов, которое выражалось в одинаково высоких подъемах показателя качества деятельности на начальных стадиях и одинаково умеренном его понижении на конечных стадиях работы.

5. Степень утомления не нарастала к концу 5-часового эксперимента, а удерживалась примерно на одном и том же уровне от сеанса к сеансу – это свидетельствует о способности «СКЭНАРА» сдерживать темпы развития процесса утомления, т.е. служить средством профилактики утомления.

6. Воздействие «СКЭНАРОМ» приводит к нормализации показателя частоты сердечных сокращений и поддерживает его на этом уровне на протяжении всей деятельности.

7. Применение «СКЭНАРА» приводит к увеличению периода надежного функционирования оператора, так как способствует уменьшению цены деятельности, а значит, способствует более экономичному расходу психофизиологических ресурсов оператора.

8. Все испытуемые оказались в той или иной степени чувствительны к воздействию «СКЭНАРОМ», случаев отсутствия эффекта зафиксировано не было.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Пономарева Е.С. Опыт применения программно-аппаратной модели операторской деятельности в составе комплекса «Реакор» // Известия ТРТУ. – 2006. – №11(66). – С. 3–4.
2. Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Скоморохов А.А. Исследование и оценка психофизиологических состояния человека – оператора в процессе выполнения совмещенной операторской деятельности // Сборник трудов 6-й международной научно-практической конференции “Пилотируемые полеты в космос”. Москва. Звездный Городок. 2006. – С. 267-269.
3. Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Скоморохов А.А. Адаптивная модель операторской деятельности в составе реабилитационного психофизиологического комплекса «Реакор» как средство оценки психофизиологического состояния оператора // Сборник трудов, Пятый Международный Аэрокосмический Конгресс (IAC’2006). Москва, 2006.

4. *Городецкий И.Г., Скоморохов А.А., Артемов И. В., Захаров Е.С.* Адаптивная модель совмещенной деятельности человека – оператора // Материалы 7-го всероссийского совещания семинара 20-22 мая 2004 г. «Инженерно-физические проблемы новой техники» (с участием представителей стран СНГ). – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – С. 70-71.
5. *Городецкий И.Г., Мацкевич В.А., Захаров Е.С., Дорохов В.Б.* Адаптивная модель операторской деятельности // Сборник трудов третьей международной конференции по когнитивной науке. Тезисы доклада. Т.1. – М., 2008. – С. 239.

**Городецкий Игорь Георгиевич**

Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского «МАТИ».

E-mail: igorodetskiyi@yandex.ru.

109240, г. Москва, Берниковская набережная, д.14.

Заведующий кафедрой, профессор, к.х.н.

**Gorodetskiy Igor Georgievich**

Russian State Technological University named after K.E.Tsiolkovsky MATI.

E-mail: igorodetskiyi@yandex.ru.

Bernikovskiy quay, 14, Moscow, 109240, Russia.

Department «Ergonomics and information-measuring systems», head, professor, PHD.

**Городецкая Елена Николаевна**

Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского «МАТИ».

E-mail: en\_health@male.ru.

109240, г. Москва, Берниковская набережная, д.14.

Доцент, к.х.н.

**Gorodetskaya Elena Nikolaevna**

Russian State Technological University named after K.E.Tsiolkovsky MATI.

E-mail: en\_health@male.ru.

Bernikovskiy quay, 14, Moscow, 109240, Russia.

Department «Ergonomics and information-measuring systems», assistant professor, PHD.

**Мацкевич Виктор Александрович**

Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского «МАТИ».

E-mail: matskevich@gmail.com.

109240, г. Москва, Берниковская набережная, д.14.

Ассистент.

**Matskevich Victor Aleksandrovich**

Russian State Technological University named after K.E.Tsiolkovsky MATI.

E-mail: matskevich@gmail.com.

Bernikovskiy quay, 14, Moscow, 109240, Russia.

Department «Ergonomics and information-measuring systems», lecturer.

**Якимович Надежда Владимировна**

Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского «МАТИ».

E-mail: yakimovich59@gmail.com.

109240, г. Москва, Берниковская набережная, д.14.

Доцент, к.психл.н.

**Nadezhda Vladimirovna Yakimovich**

Russian State Technological University named after K.E. Tsiolkovsky MATI.

E-mail: yakimovich59@gmail.com.

Bernikovskiy quay, 14, Moscow, 109240, Russia.

Department «Ergonomics and information-measuring systems», docent, PHD.

**Чунтул Александр Васильевич**

Московский вертолетный завод имени М.Л. Миля.

E-mail: mvz@mi-helicopter.ru.

109240, г. Москва, Берниковская набережная, д.14.

Заместитель главного конструктора по эргономике и учебно-тренировочным средствам, д.м.н.

**Chuntul Alexander Vasilevich**

Moscow helicopter factory named after M.L. Milja

E-mail: mvz@mi-helicopter.ru.

Bernikovskiy quay, 14, Moscow, 109240, Russia.

Assistant to the main designer on ergonomics and educational – training center, doctor of medical science.

УДК 621.0015+00253.004.89

**В.В. Горюнова, К.И. Володин****АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ**

*Исследуются аспекты автоматизированного проектирования и декларативного моделирования процессов технического обслуживания с применением методов децентрализованного и распределенного интеллекта. Сформулированы общие принципы применения инженерии онтологий при разработке интерактивных электронных технических руководств.*

*Системы технического обслуживания; декларативное моделирование; инженерия онтологий; интерактивные технические руководства.*

**V.V. Goryunova, K.I. Volodin****THE AUTOMATED DESIGNING OF PROCESSES OF MAINTENANCE  
SERVICE AND DIAGNOSTICS**

*In this article the questions of the computer-based design and declarative modeling of systems of servicing and repair with the use of methods decentralized and distributed intellect are investigated. The general principles of the use of engineering of ontology are formulated by development of interactive electronic engineering manuals.*

*System of servicing; declarative modeling; engineering of ontology; interactive engineering manuals.*

**Введение.** Современное состояние функций и возможностей информационных автоматизированных систем и средств автоматизации предполагает использование интегрированных информационных сред с применением технологий представления знаний при создании автоматизированных информационных систем различного назначения на всех стадиях жизненного цикла изделий (проектирование, производство, эксплуатация и утилизация). Задачи автоматизации процессов