

УДК 159.95

doi: 10.11621/vsp.2019.01.108

КОГНИТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ УМСТВЕННОГО УТОМЛЕНИЯ

Б. Б. Величковский

Актуальность. Исследование функциональных состояний человека в рамках структурно-функционального подхода — актуальное направление в психологии труда. В связи с интенсификацией и интеллектуализацией различных видов труда важную роль играют исследования умственного утомления, влияющего на надежность деятельности человека.

Цели. Апробация когнитивных тестов для оценки эффектов умственного утомления и репликация когнитивных эффектов утомления, полученных в рамках структурно-функционального подхода.

Методики. В исследовании приняло участие 27 человек (18 мужчин), сотрудники высокотехнологичной инжиниринговой компании. Исследование проводилось в течение одного рабочего дня утром и вечером. Уровень умственного утомления оценивался с помощью опросника А.Б. Леоновой. Когнитивные тесты для оценки эффектов утомления включали задачи на переключение внимания, на манипуляцию информацией в оперативной памяти и задачу поиска в кратковременной памяти С. Стернберга.

Результаты. Показано снижение эффективности переключения внимания и поиска в памяти под влиянием умственного утомления. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами ранних исследований умственного утомления. Они указывают на истощение ресурсов нисходящего произвольного контроля при умственном утомлении. Обнаружены свидетельства смены стратегии поиска в кратковременной памяти с эффективной параллельной исчерпывающей на малоэффективную последовательную самооканчивающуюся. Не обнаружено снижения эффективности оперативной памяти, что может быть связано с особенностями метакогнитивной регуляции функциональных состояний.

Величковский Борис Борисович — доктор психологических наук, доцент кафедры методологии психологии ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова.
E-mail: velitchk@mail.ru

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 16-06-00065.

ISSN 0137–0936 (Print) / ISSN 2309–9852 (Online)

<http://msupsy.ru/>

© 2019 ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Выводы. Умственное утомление связано со снижением эффективности контроля внимания и кратковременной памяти, что может быть обусловлено истощением ресурсов произвольного контроля поведения. Особое значение приобретает анализ индивидуальных когнитивных реакций на утомление. Могут быть сделаны выводы о возможных направлениях развития структурно-функционального подхода к анализу функциональных состояний — создание новых средств когнитивной диагностики, использование достижений когнитивного моделирования, «персонализированный» анализ функциональных состояний и интеграция структурно-функционального подхода с ресурсным подходом к познанию.

Ключевые слова: умственное утомление, функциональное состояние, структурно-функциональный подход, переключение внимания, оперативная память, когнитивные ресурсы.

Введение

При анализе трудовой деятельности человека важное место занимает анализ функциональных состояний (ФС). Одно из важнейших ФС работающего человека — это состояние утомления. Утомление может иметь разную природу, однако для современных видов труда особую роль играет анализ умственного утомления, развивающегося в результате длительного выполнения когнитивно сложной деятельности. Утомление имеет особое значение для психологии труда, так как оно не только сопровождается негативными субъективными переживаниями, но и связано со значительными когнитивными изменениями, провоцирующими неэффективную и даже ненадежную деятельность работающего человека (Леонова, 1984; Носкеу, 1997). Анализ когнитивных эффектов утомления может помочь оценить риски ошибочных и неэффективных действий работника в состоянии утомления, а также разработать оптимальные режимы труда и отдыха для современных профессионалов.

С точки зрения мотивации основной эффект *умственного утомления* (УМУ) — это выраженное нежелание прикладывать усилия для продолжения работы (Massar et al., 2018). Когнитивные эффекты УМУ выражаются в снижении эффективности переработки информации уставшим человеком. Снижается скорость и точность выполнения когнитивных заданий (Meijman, 1997). Типичный пример этого эффекта — увеличение среднего времени простой и сложной сенсомоторных реакций (Langner et al., 2010). Снижение эффективности когнитивной переработки информации в результате УМУ может наблюдаться для широкого круга задач (Thomas,

Smith, 2009; Massar et al., 2010). Однако соответствующие эффекты наиболее выражены для задач, требующих произвольного внимания и когнитивного контроля (Van der Linden et al., 2003; Persson et al., 2007; Langner et al., 2010), а также связанных с ними функций рабочей (оперативной) памяти (Dobbs et al., 2001; Boksem, Tops, 2008). Подобный характер когнитивных изменений указывает на истощение ресурсов произвольного (*top-down*) контроля поведения при остром и хроническом УмУ.

На фоне результатов этих современных исследований хочется напомнить, что особое значение снижения эффективности произвольного внимания, когнитивного контроля (управляющих функций) и оперативной памяти было показано А.Б. Леоновой еще несколько десятилетий назад. В написанной по материалам ее кандидатской диссертации книге «Психометрика утомления» (Зинченко и др., 1977) приводятся результаты многочисленных авторских исследований когнитивных эффектов острого УмУ. Уже в этих ранних работах А.Б. Леоновой было показано закономерное уменьшение объема произвольного внимания при индукции УмУ; снижение когнитивной гибкости (увеличение «стоимости» переключения внимания); снижение эффективности выполнения задания на оперативное удержание и переработку информации (то и другое — базовые функции рабочей памяти); впервые был обнаружен интереснейший эффект снижения эффективности поиска в кратковременной памяти в задаче опознания С. Стернберга. При этом было установлено, что развитие УмУ обуславливает переход от эффективной параллельной исчерпывающей стратегии поиска в памяти к менее эффективной последовательной самооканчивающейся стратегии. Работы А.Б. Леоновой заложили основы систематических экспериментальных исследований когнитивных эффектов УмУ, а их результаты удивительно хорошо согласуются с результатами самых современных работ в этой области.

Представим результаты актуального исследования когнитивных эффектов острого УмУ, в котором использовалась разработанная А.Б. Леоновой методология. В частности, эффекты УмУ оценивались для задач на переключение внимания, обновление рабочей памяти и для задачи поиска в памяти С. Стернберга. С этой целью мы воспользовались компьютеризованной батареей когнитивных тестов для оценки ФС работающего человека, созданной в лаборатории психологии труда факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством А.Б. Леоновой. Выборка состояла из профессионалов, занятых интенсивным умственным трудом (сотрудники крупной инжиниринговой компании).

Цели исследования: 1) дополнительная эмпирическая апробация батареи когнитивных тестов для оценки эффектов УМУ и 2) проверка основных результатов относительно когнитивных эффектов УМУ, полученных А.Б. Леоновой более 30 лет назад. В целом, на основе новых данных, полученных в рамках методологии А.Б. Леоновой, хотелось бы соотнести когнитивные эффекты УМУ с фундаментальными ресурсными теориями внимания и контроля поведения (Канеман, 2006).

Методика

Выборка. В исследовании приняли участие 27 человек (18 мужчин), сотрудники высокотехнологичной инжиниринговой компании, специалисты с высшим техническим образованием. Средний возраст 37 ± 9 лет, стаж работы от 2 до 20 лет.

Экспериментальные задания. Для оценки когнитивных эффектов УМУ использовалась батарея *PsyCT* компьютеризованных методик для оценки ФС человека. В ее состав входили следующие три задачи.

Задача «Переключение». Испытуемому в каждой пробе на 500 мс предъявлялась матрица размером 3×3 , в которой в случайном порядке были расположены 3 цифры. Испытуемый должен был, используя цифровую клавиатуру, воспроизвести либо позиции, в которых предъявлялись цифры (задача 1), либо сами цифры (задача 2). Тип задачи определялся условным символом, предъявляемым перед пробой, а сами задачи чередовались в случайном порядке. Таким образом, имелось 2 типа проб: пробы с повторением задачи (задача повторяет задачу в предыдущей пробе) и пробы с переключением задачи (задача отличается от задачи в предыдущей пробе). Первая проба не относилась ни к какому типу и игнорировалась при анализе данных. Регистрировались точность и скорость выполнения отдельных проб. На основе этих данных рассчитывался такой показатель когнитивной гибкости, как «стоимость переключения» — разность в эффективности выполнения проб с повторением и с переключением. Чем ниже стоимость переключения, тем выше когнитивная гибкость и эффективность произвольного управления вниманием.

Задача «Оперативная память». Испытуемому в каждой пробе последовательно предъявлялись 5 цифр. Он должен был подсчитать и удержать в оперативной памяти 4 промежуточные суммы этих цифр: 1-й и 2-й; 2-й и 3-й; 3-й и 4-й; 4-й и 5-й. После предъявления цифр испытуемый должен был ввести удерживаемые суммы в

программу с помощью цифровой клавиатуры. Таким образом, эта задача требовала одновременного удержания и манипуляции информацией в оперативной памяти. Это делает ее похожей на ставшие сегодня стандартом для оценки функций рабочей памяти тесты на определение ее объема (Величковский, 2014). Регистрировались время реакции на введение каждой суммы и точность суммы, а также общее время выполнения пробы. Высокие показатели скорости и точности выполнения этой задачи говорят об эффективном функционировании оперативной памяти.

Задача «Поиск в кратковременной памяти». Задача представляет собой вариант классической задачи поиска в кратковременной памяти С. Стернберга (Sternberg, 1969). В каждой пробе испытуемому предъявлялась последовательность цифр, так называемый целевой набор. В каждом целевом наборе содержалось от 4 до 9 элементов. Затем предъявлялся пробный стимул — цифра, которая с вероятностью 50% содержалась («позитивная проба») или не содержалась в целевом наборе («негативная проба»). Нажатием на одну из двух определенных клавиш испытуемый должен был указать, содержался ли пробный стимул в целевом наборе или нет. Регистрировались скорость и точность ответов испытуемых.

Согласно стандартному пониманию механизма этой задачи, при ее выполнении испытуемый удерживает репрезентацию целевого набора и пробного стимула в оперативной памяти и «ищет» пробный стимул среди элементов целевого набора. При этом могут использоваться две стратегии поиска. Первая — параллельная исчерпывающая стратегия, которая предполагает сравнение пробного стимула со всеми элементами целевого набора. Это наиболее эффективная стратегия, которая, согласно классическим концепциям (Sternberg, 1969), как раз и используется для решения данной задачи. Эмпирический признак применения параллельной стратегии — отсутствие статистического взаимодействия между типом пробы и нагрузкой на кратковременную память (т.е. числом элементов в целевом наборе) при анализе времени реакции. Вторая стратегия — последовательная самооканчивающаяся — заключается в сравнении пробного стимула с элементами целевого набора «по одному» вплоть до обнаружения совпадения или до окончания целевого набора. Эта стратегия менее эффективна, а ее эмпирическим признаком служит расходящееся статистическое взаимодействие между типом пробы (позитивная/негативная) и нагрузкой на память.

Оценка утомления. Использовался опросник для оценки острого УмУ А.Б. Леоновой (Практикум..., 2003, с. 143—145).

Опросник состоит из 18 утверждений и содержит две субшкалы — «Когнитивное утомление» и «Регуляторное утомление», а также общую шкалу острого УМУ. Пункты опросника оценивают наличие симптомов УМУ по 3-балльной шкале.

Процедура. Исследование проводилось в течение недели в два этапа в специально выделенном помещении в организации, где работали испытуемые. Первый этап проводился в начале рабочего дня: с 9.00 до 10.30. Испытуемых информировали о содержании исследования, они получали общую инструкцию, заполняли опросник на утомление, а также выполняли компьютеризированные когнитивные тесты. Тестирование проводилось с помощью ноутбуков группами по 3—4 человека. Второй этап проводился в конце того же рабочего дня: с 16.30 до 17.00. Испытуемые повторно заполняли опросник на утомление и проходили когнитивное тестирование. На обоих этапах присутствовали два экспериментатора со значительным опытом использования когнитивной батареи *PsyCT*, которые поддерживали испытуемых при возникновении вопросов по ее использованию.

Анализ данных. В ходе анализа данных проводилось сравнение результатов утренней и вечерней сессий. Для этого использовался *t*-критерий Стьюдента для связанных выборок и дисперсионный анализ с повторными измерениями. Анализ проводился в SPSS 17.0.

Результаты

Эффекты умственного утомления

Сравнение данных утренней и вечерней сессий показало значимое увеличение уровня УМУ к концу рабочего дня. Общий показатель УМУ высокосignificantly увеличился с 10.3 до 14.5 баллов ($t(26)=4.48$; $p<0.001$). Это увеличение было в основном вызвано накоплением когнитивных эффектов ($t(26)=4.65$, $p<0.001$). Негативные изменения в регуляции деятельности оказались значимыми на уровне тенденции ($t(26)=1.89$, $p=0.07$), что не удивительно, учитывая общий высокий уровень подготовки и саморегуляции протестированных профессионалов, а также не очень большой временной интервал между тестированиями. В целом следует отметить, что данный промежуток времени оказался достаточным, чтобы индуцировать заметное повышение уровня УМУ в обследованной выборке.

Переключение внимания

Для анализа изменения эффективности переключения внимания под влиянием утомления использовался двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (rm-ANOVA) с внутрисубъектными факторами время (утро/вечер) и тип пробы (повторение/переключение). Последний фактор позволял оценить стоимость переключения, понимаемую как разность эффективности выполнения задания в пробах с повторением задачи и в пробах с переключением задачи. Стоимость переключения оценивалась как для времени реакции, так и для точности выполнения задания. Ожидалось получение значимого двухфакторного взаимодействия, при котором стоимость переключения возрастает в ходе вечерней сессии по сравнению с утренней сессией.

Для скорости реакции не было получено главных эффектов ($F_s < 1$). Однако в полном соответствии с гипотезой было получено значимое двухфакторное взаимодействие ($F(1, 26) = 4.55, p < 0.05$) факторов время и тип пробы. В ходе утреннего замера временная стоимость переключения составляла 40 мс (отличие от 0 незначимое, $t(26) = 0.85, p > 0.1$), а в ходе вечернего — 160 мс (отличие от 0 значимое, $t(26) = 1.98, p < 0.05$). Для точности ответов был обнаружен главный эффект типа пробы ($F(1, 26) = 5.14, p < 0.05$), в соответствии с литературными данными говорящий о систематическом снижении точности выполнения задания в пробах с переключениями (Monsell, 2003). Однако двухфакторное взаимодействие обнаружено не было ($F < 1$), что свидетельствует об устойчивости точностной стоимости переключения к влиянию утомления. Это не удивительно, так как показатели точности вообще и в тестах на переключение отличаются большой устойчивостью к экспериментальным манипуляциям (Ibid.), что делает временную стоимость переключения более информативным показателем.

Оперативная память

Для анализа изменения эффективности функционирования оперативной памяти под влиянием УмУ использовался t-критерий для связанных выборок. Анализ проводился как для среднего времени выполнения задания, так и для точности. Для обоих показателей не было обнаружено значимых эффектов УмУ (для времени выполнения: $t(26) = 0.46, p > 0.1$; для точности: $t(26) = 0.73, p > 0.1$). Аналогично не было обнаружено эффектов УмУ и для отдельных времен реакции для каждой суммы по отдельности (все $p > 0.1$). Таким образом, в проведенном исследовании не было обнаружено ожидаемого снижения эффективности рабочей памяти под влиянием УмУ. Этот результат требует дальнейшего анализа.

Поиск в кратковременной памяти

Для оценки изменения эффективности поиска в кратковременной памяти под влиянием УМУ было проведено два вида анализа. Первый касался оценки общей эффективности выполнения поиска в утренней и вечерней сессиях, а второй касался исследования упомянутого выше возможного изменения стратегии поиска в памяти. Для первого анализа использовалось сравнение среднего времени реакции и точности во время утренней и вечерней сессий (*t*-критерий). Второй анализ был направлен на поиск значимого статистического взаимодействия между временем тестирования и эффектом нагрузки на кратковременную память (*rm*-ANOVA). В ходе первого анализа было обнаружено, что скорость поиска в памяти не меняется значимо под влиянием УМУ ($t(26)=1.65, p>0.1$). Однако в соответствии с гипотезой было обнаружено, что УМУ приводит к значимому снижению точности поиска в памяти с 82 до 76% ($t(26)=2.86, p<0.01$). Таким образом, провоцирующая развитие УМУ деятельность в течение дня приводит к снижению эффективности поиска информации в кратковременной и, шире, в оперативной памяти, что не может не сказываться на общей эффективности когнитивной переработки информации (Величковский, Козловский, 2012).

Для анализа возможных изменений в когнитивной стратегии поиска информации в кратковременной памяти был проведен второй анализ, нацеленный на выявление взаимодействия времени тестирования и величины нагрузки на кратковременную память. Следует сразу отметить, что изменение стратегии решения высокоавтоматизированных когнитивных задач является признаком значительного изменения ФС человека, которого вряд ли можно было ожидать в проведенном исследовании с ограниченной интенсивностью индуцированного УМУ. В соответствии с этим мы не обнаружили значимого взаимодействия факторов времени (утро/вечер) и нагрузки (количество элементов в целевом множестве) ($F(1, 26)=0.47, p>0.1$), хотя численно присутствовала искомая тенденция (практически нулевой эффект нагрузки утром и ненулевой эффект вечером). Учитывая возможность выраженных индивидуальных различий в когнитивных реакциях на УМУ, мы также провели серию двухфакторных дисперсионных анализов (ANOVA) на индивидуальных данных испытуемых. У 6 испытуемых из 27 (22%) было обнаружено взаимодействие факторов времени и нагрузки, свидетельствующее о смене стратегии поиска в памяти с более эффективной параллельной на менее эффективную последовательную под влиянием даже относительно слабого УМУ. Это подтверждает возможность такой смены

стратегии поиска в памяти, но заставляет обратить особое внимание на анализ индивидуальных различий в динамике ФС.

Обсуждение

Данное исследование было выполнено в рамках разработанной А.Б. Леоновой (1984, 1988, 2007) комплексной методологии анализа ФС человека. Полученные результаты дополняют результаты исследований когнитивных эффектов УмУ, проведенных ранее А.Б. Леоновой. Они также хорошо согласуются с современными результатами зарубежных исследований познавательной сферы в состоянии острого и хронического УмУ. В частности, следует отметить хорошую воспроизводимость результатов о заметном снижении эффективности произвольного контроля внимания и переработки информации в оперативной (рабочей) памяти под влиянием УмУ. Например, в этом исследовании было показано снижение эффективности переключения внимания и поиска в кратковременной памяти даже в результате индукции умеренных уровней УмУ. Нулевой результат, полученный для теста на оперативную память, также представляется интересным в рамках отечественной концепции ФС. Оперативная память является комплексной когнитивной системой, играющей центральную роль в обеспечении когнитивной переработки информации (Величковский, 2014). В этом смысле поддержание эффективности ее функционирования — приоритетная задача процессов индивидуальной метакогнитивной регуляции. Мобилизация когнитивных ресурсов для достижения приоритетных целей деятельности — важная особенность целостной системы регуляции ФС работающего человека.

Представляется, что полученные результаты позволяют развивать исследования когнитивных проявлений утомления (и других ФС) в нескольких дополняющих друг друга направлениях. Во-первых, интерес представляет разработка новых, более полных батарей тестов для оценки когнитивных проявлений ФС человека. Это в первую очередь касается функций когнитивного контроля (управляющих функций) и рабочей памяти. Предстоит большая работа по созданию новых методов компьютеризированной когнитивной диагностики ФС, в частности, по доказательству их конструктивной валидности и по сбору национальных тестовых норм. При этом новые технические возможности, такие, как использование методов адаптивного тестирования и переход к сбору «больших данных» в режиме онлайн тестирования, могут открыть новые перспективы эмпирических исследований ФС человека в нашей стране.

Второе направление — это использование более сложных, формальных моделей реализации когнитивных функций при различных ФС на основе достижений когнитивного моделирования. Современные когнитивные модели позволяют выйти далеко за пределы анализа только усредненного времени реакции и показателей точности. Например, получающие определенное распространение диффузионные модели времени реакции (*drift diffusion models*; см.: Ratcliff et al., 2016) позволяют рассчитывать на основе индивидуальных распределений времени количественные показатели, характеризующие отдельные компоненты процесса принятия простых решений. Эти модели уже сегодня используются для моделирования механизмов выполнения задач на переключение внимания и на поиск в памяти. Их более широкое использование позволит приблизиться к более глубокому пониманию когнитивных эффектов утомления, а также соотнести результаты поведенческих экспериментов с результатами моделирующих и нейрофизиологических исследований. Это направление сегодня только зарождается, и отечественная психологическая наука могла бы получить в этой области определенное преимущество.

Третье направление — это растущая ориентация на индивидуальные особенности динамики когнитивных изменений при различных ФС. Даже в представленном здесь исследовании было показано, что изучение такого комплексного феномена, как ФС человека, не всегда дает однозначные результаты. Богатые регуляторные и компенсаторные возможности психики человека приводят к тому, что эффекты различных воздействий по индукции ФС могут оказаться «смазанными». Кроме того, в рамках работ А.Б. Леоновой и ее школы неоднократно показывалось, что разные люди могут использовать разные стратегии регуляции ФС (Кузнецова и др., 2010; Измалкова, Блинникова, 2017). Все это делает «персонализированный» подход к анализу ФС многообещающим как в теоретическом плане, так и в плане разработки индивидуализированных методик коррекции неблагоприятных ФС.

Последнее, четвертое, направление возможного развития исследований ФС — это согласование отечественной концепции ФС с теоретическими построениями в рамках различных ресурсных подходов к познанию (яркий представитель — Д. Канеман). Как уже отмечалось, когнитивные эффекты утомления свидетельствуют о снижении эффективности произвольного контроля поведения, которая в ресурсных теориях ассоциируется с доступностью или истощением неспецифических когнитивных ресурсов. Интересно, что качественно схожие эффекты можно обнаружить при депрес-

сии, травматических повреждениях мозга и когнитивном старении. Взаимное согласование позиций ресурсного подхода и теории ФС может обогатить обе точки зрения и привести к выдвиганию новых гипотез и к разработке новых методических средств диагностики ФС и уровня неспецифических ресурсов. Представляется, что интеграция отечественной теории ФС и когнитивной теории ресурсов произвольного контроля внимания может стать важным шагом на пути построения макротеорий познания.

Заключение

Умственное утомление является важным ФС человека, связанным с эмоциональными, мотивационными и когнитивными эффектами. В рамках концепции ФС А.Б. Леоновой широко изучались вызванные им изменения в контроле внимания и оперативной памяти. В данном исследовании с помощью разработанной под руководством А.Б. Леоновой батареи когнитивных тестов для оценки ФС были воспроизведены и дополнены некоторые результаты о влиянии умственного утомления на эти функции. Эти результаты могут быть объяснены истощением неспецифических ресурсов произвольного контроля поведения в результате умственного утомления. При этом особое значение приобретают индивидуальные различия в когнитивных реакциях на развитие даже относительно слабых форм утомления. На основе полученных результатов были сделаны выводы о некоторых возможных направлениях дальнейшего развития концепции ФС А.Б. Леоновой. Среди этих направлений создание новых компьютеризированных средств диагностики ФС; использование достижений моделирования когнитивных функций при анализе ФС; «персонализированный» анализ ФС и интеграция концепции ФС и ресурсного подхода к вниманию, оперативной памяти и когнитивному контролю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Величковский Б.Б. Структура корреляционных зависимостей между показателями эффективности выполнения разных классов заданий на рабочую память // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 2014. № 4. С. 18—32.

Величковский Б.Б., Козловский С.А. Рабочая память человека: фундаментальные исследования и практические приложения // Международный журнал прикладных наук и технологий «Интеграл». 2012. Т. 68. № 6. С. 14—16.

Зинченко В.П., Леонова А.Б., Стрелков Ю.К. Психометрика утомления. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.

Измалкова А.И., Блиникова И.В. Когнитивные стратегии и паттерны движений глаз в процессе визуального распознавания и запоминания иностранных слов // *Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития* / Отв. ред. А.Л. Журавлёв, В.А. Кольцова. Т. 2. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017. С. 484—494.

Канеман Д. Внимание и усилие. М.: Смысл, 2006.

Кузнецова А.С., Ерилова В.А., Титова М.А. Саморегуляция функционального состояния на разных этапах профессионального развития // *Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология*. 2010. № 2. С. 83—92.

Леонова А.Б. Психодиагностика неблагоприятных функциональных состояний человека. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984.

Леонова А.Б. Психологические средства оценки и регуляции функциональных состояний человека: Дисс. д-ра психол. наук. М., 1988.

Леонова А.Б. Структурно-интегративный подход к анализу функциональных состояний человека // *Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология*. 2007. № 1. С. 87—103.

Практикум по инженерной психологии / Под ред. Ю.К. Стрелкова. М.: Academia, 2003.

Boksem M.A., Tops M. Mental fatigue: costs and benefits // *Brain Res Rev*. 2008. Vol. 59. P. 125—139. doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001

Dobbs B.M., Dobbs A.R., Kiss I. Working memory deficits associated with chronic fatigue syndrome // *J Int Neuropsychol Soc*. 2001. Vol. 7. N 3. P. 285—293. doi.org/10.1017/S1355617701733024

Hockey G.R. Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload; a cognitive-energetical framework // *Biol Psychol*. 1997. Vol. 45. N 1—3. P. 73—93. doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4

Langner R., Steinborn M.B., Chatterjee A., et al. Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance // *Acta Psychol*. 2010. Vol. 133. N 1. P. 64—72. doi.org/10.1016/j.actpsy.2009.10.001

Massar S.A.A., Csathó A., Van der Linden D. Quantifying the motivational effects of cognitive fatigue through effort-based decision making // *Front Psychol*. 2018. Vol. 9 (843). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5988875/> (date of retrieval 25.12.2018).

Meijman T.F. Mental fatigue and the efficiency of information processing in relation to work times // *Int J Ind Ergon*. 1997. Vol. 20. P. 31—38. doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00029-7

Monsell S. Task switching // *Trends Cogn Sci*. 2003. Vol. 7. N 3. P. 134—140. doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00028-7

Persson J., Welsh K.M., Jonides J., Reuter-Lorenz P.A. Cognitive fatigue of executive processes: Interaction between interference resolution tasks // *Neuropsychologia*. 2007. Vol. 45. N 7. P. 1571—1579. doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.12.007

Ratcliff R., Smith P.L., Brown S.D., McKoon G. Diffusion decision model: Current issues and history // *Trends Cogn Sci*. 2016. Vol. 20. N 4. P. 260—281. doi.org/10.1016/j.tics.2016.01.007

Sternberg S. Memory scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments // *American Scientist*. 1969. Vol. 4. P. 421—457.

Thomas M., Smith A. An investigation into the cognitive deficits associated with chronic fatigue syndrome // *The Open Neurology J*. 2009. Vol. 3. P. 13—23. doi.org/10.2174/1874205X00903010013

Van der Linden D., Frese M., Meijman T.F. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning // *Acta Psychol*. 2003. Vol. 113. P. 45—65. doi.org/10.1016/S0001-6918(02)00150-6

Поступила в редакцию 17.12.18

Принята к публикации 24.12.18

COGNITIVE EFFECTS OF MENTAL FATIGUE

Boris B. Velichkovsky

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Moscow, Russia

Abstract

Relevance. The study of human functional states within the structural-functional approach is an important development in work psychology. As work becomes more intensive and cognitive, the study of mental fatigue becomes more important.

Objective. To validate cognitive tests for the assessment of mental fatigue cognitive effects, and to replicate cognitive effects of fatigue observed within the structural-functional approach.

Methodology. 27 subjects (18 male), engineers in a high-tech engineering firm, and took part in the study conducted over a working day in the morning and in the evening. Mental fatigue was assessed with a questionnaire. The cognitive tests included a test of attention switching, a test for working memory, and the Sternberg's short-term memory search task.

Results. A reduction in attention switching and memory search efficiency was found. These results in a good concordance with previous results and indicate a reduction in the availability of top-down cognitive control resources. Evidence was found for transition towards sequential self-terminating memory search strategy under mental fatigue. No reduced working memory was found, which may be related to the meta-cognitive regulation of functional states.

Conclusions. Mental fatigue is associated with a reduction in the control of attention and short-term memory, related to the depletion of cognitive control resources. Individual cognitive reactions to fatigue are important. Future developments of the structural-functional approach may include the development of new diagnostics tools, the usage of cognitive modeling, the orientation to

the analysis of the individual differences, and the integration of the structural-functional approach with resource approaches to cognition.

Key words: mental fatigue, functional state, structural-functional approach, attention switching, working memory, cognitive resources.

References

Boksem, M.A., Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Res Rev.*, 1, 59, 125—139. doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001

Dobbs, B.M., Dobbs, A.R., Kiss, I. (2001). Working memory deficits associated with chronic fatigue syndrome. *J Int Neuropsychol Soc.*, 7, 3, 285—293. doi.org/10.1017/S1355617701733024

Hockey, G.R. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload; a cognitive-energetical framework. *Biol Psychol.*, 45, 1-3, 73—93. doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4

Izmalkova, A.I., Blinnikova, I.V. (2017). Kognitivnye strategii i patternny dvizhenij glaz v processe vizual'nogo raspoznavaniya i zapominaniya inostrannyh slov. In A.L. Zhuravlyov, V.A. Kol'cova (eds.), *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya sovremennoj psihologii: rezul'taty i perspektivy razvitiya* [Fundamental and applied research of modern psychology: results and development prospects] (v. 2, pp. 484—494). Moscow: Publisher «Institute of Psychology RAS».

Kaneman, D. (2006). *Vnimanie i usilie* [Attention and effort]. Moscow: Smysl.

Kuznetsova, A.S., Erilova, V.A., Titova, M.A. (2010). Samoreguljaciya funkcional'nogo sostoyaniya na raznyh etapah professional'nogo razvitiya. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14. Psihologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 2, 83—92.

Langner, R., Steinborn, M.B., Chatterjee, A., et al. (2010). Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. *Acta Psychol.*, 133, 1, 64—72. doi.org/10.1016/j.actpsy.2009.10.001

Leonova, A.B. (1984). *Psihodiagnostika neblagopriyatnyh funkcional'nyh sostoyanij cheloveka* [Psychodiagnosics of adverse functional states of a person]. Moscow: MSU Press.

Leonova, A.B. (1988). *Psihologicheskie sredstva ocenki i reguljaccii funkcional'nyh sostoyanij cheloveka: Diss. d-ra psihol. nauk* [Psychological means of assessing and regulating the functional states of a person: Diss. Dr. of psychol. science]. Moscow, 1988.

Leonova, A.B. (2007). Strukturno-integrativnyj podhod k analizu funkcional'nyh sostoyanij cheloveka. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14. Psihologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 1, 87—103.

Massar, S.A.A., Csathó, A., Van der Linden, D. (2018). Quantifying the motivational effects of cognitive fatigue through effort-based decision making. *Front Psychol.*, 9 (843). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5988875/> (date of retrieval 25.12.2018).

Meijman, T.F. (1997). Mental fatigue and the efficiency of information processing in relation to work times. *Int J Ind Ergon.*, 20, 31—38. doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00029-7

Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends Cogn Sci.*, 7, 3, 134—140. doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00028-7

Persson, J., Welsh, K.M., Jonides, J., Reuter-Lorenz, P.A. (2007). Cognitive fatigue of executive processes: Interaction between interference resolution tasks. *Neuropsychologia*, 45, 7, 1571—1579. doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.12.007

Ratcliff, R., Smith, P.L., Brown, S.D., McKoon, G. (2016). Diffusion decision model: Current issues and history. *Trends Cogn Sci.*, 20, 4, 260—281. doi.org/10.1016/j.tics.2016.01.007

Sternberg, S. (1969). Memory scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, 4, 421—457.

Strelkov, Yu.K. (2003, ed.). *Praktikum po inzhenernoj psihologii* [Engineering Psychology Workshop]. Moscow: Academia.

Thomas, M., Smith, A. (2009). An investigation into the cognitive deficits associated with chronic fatigue syndrome. *The Open Neurology J.*, 3, 13—23. doi.org/10.2174/1874205X00903010013

Van der Linden, D., Frese, M., Meijman, T.F. (2003). Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta Psychol.*, 113, 45—65. doi.org/10.1016/S0001-6918(02)00150-6

Velichkovsky, B.B. (2014). Struktura korrelyacionnyh zavisimostej mezhdru pokazatelyami effektivnosti vypolneniya raznyh klassov zadaniy na rabochuyu pamyat'. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14. Psihologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 4, 18—32.

Velichkovsky, B.B., Kozlovsky, S.A. (2012). Rabochaya pamyat' cheloveka: fundamental'nye issledovaniya i prakticheskie prilozheniya. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologij "Integral"* [International journal of applied sciences and technology "Integral"], 68, 6, 14—16.

Zinchenko, V.P., Leonova, A.B., Strelkov, Yu.K. (1977). *Psihometrika utomleniya* [Psychometric fatigue]. Moscow: MSU Press.

Original manuscript received December 17, 2018

Revised manuscript accepted December 24, 2018