

- Крапивницкая Т. А. Прогностическая значимость исследования индивидуально-личностных особенностей пилотов гражданской авиации // Физиология человека. 2007. Т. 33. № 1. С. 97–100.
- Машин В. А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления // Вопросы психологии. 2007. № 6. С. 86–96.
- Плохих В. В., Керницкий А. М. Изменение темпоральной структуры действий оператора в условиях интенсификации процесса слежения // Психологический журнал. 2009. Т. 30. № 3. С. 73–83.
- Смирнов Б. А., Долгополова Е. В. Психология деятельности в экстремальных ситуациях. Харьков: Гуманитарный центр, 2008.
- Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р., Логинова Т. П., Кеткина О. А. Суточный ритм физиологических функций у мужчин и женщин при работе в разные смены // Физиология человека. 2009. Т. 35. № 4. С. 51–56.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В. М. Дозорцев, В. А. Назин

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН (Москва)
vdozortsev@mail.ru

Анализируются возможности и преимущества использования компьютерных тренажеров сложных технологических процессов в качестве платформы экспериментально-психологических исследований деятельности человека-оператора. Рассматриваются факторы, определяющие валидность экспериментов, проводимых на тренажерах. Приводятся примеры двух пилотных исследований, иллюстрирующих специфику тренажерных психологических экспериментов.

Ключевые слова: человек-оператор, технологический процесс, компьютерные тренажеры, психологический эксперимент, внутренняя и внешняя валидность.

Актуальность психологического исследования профессионально значимых характеристик операторов технологических процессов (ТП) исчерпывающе объясняется «ценой» человеческого фактора в данной высоко опасной сфере деятельности. Последствия крупнейших в истории аварий, вызванных некачественным операторским управлением, исчисляются (в сопоставимых ценах) несколькими миллиардами долларов каждая и сопровождаются огромными ущербами для экологии, жизни и здоровья людей. В то же время специфические условия работы оператора, управляющего крайне сложным, инерционным, огромным по количеству динамических параметров, дорогостоящим и взрывоопасным объектом, исключают проведение исследований непосредственно на рабочем месте. Не случайно поэтому преобладание в исследованиях методик, основанных на вербальных протоколах операторских действий (Bainbridge, 1974), хотя предпринимались и попытки имитировать в эксперименте отдельные фрагменты объекта управления либо тестовые аварийные условия (Duncan, 1974; Галактионов, Грошев, 1996). Представляется, что именно невозможность с достаточной точностью и полнотой имитировать в эксперименте работу ТП стала причиной угасания интереса к таким эксперимен-

тальным исследованиям в отечественной и зарубежной инженерной психологии после всплеска работ 70–80 годов прошлого столетия.

Вместе с тем вне связи с экспериментально-психологической тематикой последние три десятилетия продемонстрировали настоящий прорыв в технологии создания и практике использования компьютерных тренажеров (КТ) для обучения операторов технологических процессов. Это объясняется тремя обстоятельствами: 1) успехами математического моделирования, позволяющими создавать высокоточные динамические модели физико-химических феноменов ТП; 2) возможностью практически точно воспроизводить в тренажерах операторскую среду управления (в рассматриваемом классе ТП – повсеместно компьютерную, в отличие от авиационных и морских тренажеров, где высок объем кинестетической информации); 3) продвинутой методической базой обучения, включая реализацию разнообразных инструкторских функций, таких как дистанционные вмешательства в ход моделируемого ТП, воспроизведение любого динамического состояния процесса, детальное протоколирование всех событий тренажерной сессии. При этом эффективные методики компьютерного тренинга базируются на когнитивных механизмах формирования и закрепления навыков операторской деятельности, специфичных для разных ее стадий и различных по участвующим в ней психическим процессам (Дозорцев, 2009).

Важно отметить, что качественные требования к тренажерам очень строги из-за возможности формирования «ложного навыка» для столь опасного вида деятельности. Залог их выполнения (помимо адекватности модели ТП и среды управления) состоит в обеспечении необходимого (как правило, очень высокого) уровня подобия деятельности оператора в тренинге и в реальной работе. Это применимо также и к мотивационному аспекту операторской деятельности, учитываемому в современных тренажерах за счет имитации основных стрессовых факторов работы оператора (стресс возможных потерь и стресс ограниченного времени на принятие решений) (Дозорцев, 2007).

Из вышесказанного, казалось бы, с очевидностью вытекает идея использовать тренажеры как платформу экспериментально-психологических исследований характеристик человека-оператора. На практике этого не происходит, но перед обсуждением путей преодоления такого положения проанализируем КТ с позиций психологического эксперимента, а точнее – с позиций обеспечения валидности эксперимента с учетом специфики операторской деятельности.

Как известно, внешняя валидность, определяющая возможность переноса результатов эксперимента на другое время, место, условия и группы людей, является высокой, если уровень дополнительных переменных в эксперименте соответствует их уровню в реальной деятельности. Указанный перенос возможен, если соблюдаются два условия: 1) собственно эксперимент репрезентативен, т. е. соответствует реальной ситуации, и 2) сама реальная ситуация типична. Представительность тренажерного эксперимента обеспечивается достигаемым в современных КТ подобием модели и среды управления реальному ТП. Репрезентативность экспериментальной ситуации ограничивается «фантазией» исследователя, отбирающего для эксперимента те или иные смоделированные события. Как правило, в тренажере имитируются нештатные и аварийные ситуации, либо имеющие практические прецеденты, либо «придуманные» опытными экспертами, чьи оценки, будучи субъективными, все же отражают технологическую реальность и теоретические представления об устройстве моделируемого объекта.

Конечно, следует учесть общие факторы, снижающие внешнюю валидность, такие как эффект тестирования, фактор отбора и интерференция экспериментальных воздействий. Однако, с точки зрения воспроизведения собственно предмета деятельности, эксперимент на тренажере приближается к так называемому эксперименту полного соответствия.

Обеспечение внутренней валидности, как и в большинстве любых психологических экспериментов, в рассматриваемом случае – сложная задача, требующая от экспериментатора немалой изобретательности. Основные факторы, нарушающие внутреннюю валидность, в тренажерных экспериментах таковы:

- факторы выборки (неэквивалентность групп, экспериментальный отсев);
- побочные переменные (инструментальная погрешность фиксации действий испытуемого, эффект истории, взаимодействие факторов).

Проиллюстрируем влияние факторов, определяющих валидность, и методы их учета в эксперименте на примере двух пилотных исследований, проведенных на КТ и вызванных к жизни «внутритренажерными» проблемами – необходимостью обосновать те или иные нововведения в компьютерном тренинге.

Эксперимент № 1.

Эффективность экологического операторского интерфейса

Операторский интерфейс – важный элемент системы компьютерного управления, посредством которого оператор получает практически всю информацию о ТП и осуществляет управление им. Интерфейсы, как правило, построены в соответствии со структурой элементов ТП и их взаимосвязей – от обзора всей установки, через крупные технологические блоки к отдельным аппаратам и технологическим позициям. Однако, будучи удобными для управления в режимах, близких к нормальным, такие жесткие интерфейсы часто неэффективны при наступлении нештатных и аварийных ситуаций, развивающихся вовсе не в соответствии с такой иерархической структурой ТП. Идея экологического интерфейса – дополнить традиционный интерфейс специальными средствами, облегчающими задачу диагностики причин нарушений и компенсации их последствий (показателями материального и теплового баланса, удобной навигацией «вдоль» развития нештатной ситуации и пр.).

Экологические интерфейсы разрабатываются и апробируются все шире, разработчики сообщают об их эффективности, хотя строгих исследований на этот счет не проводилось. Отметим, что на реальном объекте такое исследование провести невозможно, во-первых, из-за технических сложностей и небезопасности реализации одновременно двух типов интерфейсов, а во-вторых, из-за невозможности учесть исторические изменения реальной ситуации и, следовательно, сложности задачи оператора при работе в разных интерфейсах. Организовать такой эксперимент на тренажере существенно легче. План эксперимента приведен в таблице 1.

Четыре группы испытуемых (две экспериментальные и две контрольные) состояли из трех человек каждая – все студенты старших курсов профильных вузов в возрасте от 20 до 22 лет, с базовыми знаниями в области технологии, но без предварительной информации о моделируемом ТП. Проводилось усреднение групп по полу испытуемых и курсу обучения в вузе. Для каждой группы измерялось среднее время диагностики нарушений хода ТП по 30 смоделированным нештат-

Таблица 1
План эксперимента № 1

Эксперимент 1		O_1	X	O_2
Контроль 1		O_3		O_4
Эксперимент 2	X	O_5		O_6
Контроль 2	X	O_7	X'	O_8

Примечание: X – переход на экологический интерфейс; X' – возвращение к традиционному интерфейсу; O_{1-8} – средние времена решения задачи диагностики по группам.

ным ситуациям в каждой из двух серий. Проверялась гипотеза снижения среднего времени диагностики при переходе на экологический интерфейс.

Для первой экспериментальной и первой контрольной группы (две первые строки таблицы 1 проводилось предварительное тестирование (давшее результат O_1 и O_3 , соответственно). Затем после небольшого перерыва для экспериментальной группы вводился экологический интерфейс (воздействие X), а для контрольной группы интерфейс не менялся. Сравнивались значения $\Delta_{12} = O_1 - O_2$ и $\Delta_{34} = O_3 - O_4$, что позволило нивелировать возможную неравномерность групп, неучтенную при рандомизации. Выяснилось, что на статически достоверном уровне (F-критерий и t-критерий) $\Delta_{12} > \Delta_{34}$, хотя $O_1 > O_2$ и $O_3 > O_4$, что отражает действие эффекта научения (вторую серию задач все испытуемые решали значительно быстрее).

План эксперимента для второй экспериментальной и второй контрольной группы (третья и четвертая строки таблицы 1 был «обратным»: для обеих групп сразу вводился экологический интерфейс, а после перерыва для экспериментальной группы возвращался традиционный интерфейс (воздействие X'), в то время как вторая контрольная группа продолжала работу с экологическим интерфейсом. Сравнивались значения $\Delta_{56} = O_5 - O_6$ и $\Delta_{78} = O_7 - O_8$. Эффект научения и в этом случае приводил к тому, что $O_5 > O_6$ и $O_7 > O_8$, однако на статистически достоверном уровне $\Delta_{56} < \Delta_{78}$, т. е. отказ от экологического интерфейса увеличивал время диагностики.

Наконец, сравнение первых серий для второй экспериментальной и первой контрольной группы (третья и вторая строки таблицы 1) позволил уйти от влияния предварительного тестирования: на статистически достоверном уровне $O_5 < O_3$, т. е. испытуемые, начавшие работать сразу в экологическом интерфейсе, диагностировали неисправности быстрее тех, кто работал в жестком интерфейсе. (Зафиксирован также результат $O_5 < O_1$, поскольку первая экспериментальная группа также может рассматриваться как контрольная по отношению ко второй экспериментальной в исследовании без предварительного тестирования.)

Эксперимент № 2.

Полезность предтренажерного обучения диагностике

Управление сложным технологическим процессом невозможно без достаточного знания его динамики и причинно-следственных связей. Работа с тренажерной моделью без тех же знаний и навыков, хоть и безопасна для реального оборудования, но также неэффективна. Понимание этого привело к появлению так называемых систем «предтренажерной» подготовки операторов, в частности систем формирования навыка диагностики нарушений хода ТП. Для одной из таких систем (система

«Диагност»), основанной на базе знаний о причинно-следственных связях ТП (Дозорцев, 2009), был проведен эксперимент, обосновывающий полезность ее использования перед компьютерным тренингом или реальной работой.

В эксперименте участвовали две группы испытуемых – студенты старших курсов и выпускники профильных вузов (по 3 человека в каждой группе). Группы усреднялись по полу и стажу обучения или работы испытуемых. План эксперимента приведен в таблице 2.

Таблица 2
План эксперимента № 2

Эксперимент	X	O ₁	O ₂
Контроль	O ₃	O ₄	O ₅

Примечание: X – обучение с помощью системы «Диагност»; O₁₋₅ – средние времена решения задачи диагностики по группам.

Экспериментальная группа сначала проходила обучение на системе «Диагност» (воздействие X), а затем, после часового перерыва, решала диагностические задачи на тренажере (решено было по 8 задач, среднее время решения – O₁). После двухдневного перерыва (для проверки закрепления навыка) эта же группа решала на тренажере новую серию задач (среднее время решения – O₂). Контрольная группа не проходила обучения с помощью «Диагностика», а сразу начала работу на тренажере, проведя три серии диагностики, разделенные часовым и двухдневным перерывом (среднее время решения в сериях – O₃, O₄ и O₅ соответственно). При этом последние серии для каждой группы включали ранее не встречавшиеся нештатные ситуации.

Были получены следующие статистически достоверные результаты:

- а) $O_2 < O_1$ и $O_5 < O_4 < O_3$ (эффект научения, сохраняющийся при длительном перерыве и существенном обновлении задания);
- б) $O_1 \ll O_3$ (предтренажерное обучение резко улучшает первую серию на тренажере). Этот результат представляется очевидным, поскольку помимо возможного специального эффекта предтренажерное обучение дает ознакомление с ТП;
- в) $O_1 \ll O_4$ и $O_1 < O_5$ (предтренажерное обучение улучшает уже первую серию экспериментальной группы на тренажере в сравнении со второй и даже в сравнении с третьей серией в контрольной группе). Это центральный результат, подтверждающий полезность предтренажерного обучения.

Разумеется, приведенные результаты сугубо предварительные, скорее, лишь иллюстрирующие возможности тренажеров как полигонов экспериментально-психологических исследований. В то же время они показывают актуальность совместных усилий психологов и разработчиков компьютерных тренажеров. Оба профессиональных сообщества выиграют от таких междисциплинарных исследований: психологи получают серьезный экспериментальный инструмент, а тренажеростроители усилят методическую базу компьютерного тренинга. До сих пор такой кооперации не было, и обе группы исследователей использовали различные (иногда – непересекающиеся) теоретические и методические основы для решения общей задачи обеспечения эффективной и безопасной работы человека-оператора. Не способствовала совместным исследованием и принципиальная разница в экспертизах, и различная понятийная и терминологическая база. Преодолеть такую

ситуацию, возможно, не так просто, но ожидаемые результаты могут с лихвой окупить затраченные усилия.

Литература

- Галактионов А. И., Грошев И. В. Особенности формирования психического образа аварийных ситуаций при обучении операторов АСУ // Психологический журнал. 1996. Т. 17. №2. С. 46–55.
- Дозорцев В. М. Тренинг принятия интеллектуальных решений на примере задач диагностики: регулятивный и мотивационный аспекты // Материалы IV съезда Российского психологического общества. Ростов-на/Д. 2007. Т. 1. С. 324–325.
- Дозорцев В. М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтег, 2009.
- Bainbridge L. Analysis of Verbal Protocols from a Process Control Task // The Human Operator in Process Control / E. Edwards and F. P. Lees (eds). L.: Taylor and Francis Ltd, 1974. P. 146–158.
- Duncan K. D. Analytical Techniques in Training Design // The Human Operator in Process Control / E. Edwards and F. P. Lees (eds). P. 283–319.

ОКУЛОМОТОРНЫЕ ПАТТЕРНЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАТОРСКОЙ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ¹

Д. В. Захарченко, В. Б. Дорохов²

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва)

e-mail: dz-ihna@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментального изучения изменений в траекториях саккад, вызванных алкогольной интоксикацией. Выделено четыре типа окуломоторных реакций, характерных для состояния алкогольной интоксикации и отсутствующих в норме.

Ключевые слова: зрительное восприятие, саккада, фиксация, паттерн, окуломоторные реакции, траектория, алкогольная интоксикация.

Введение

Проблема автоматического распознавания функциональных состояний оператора существует столько же, сколько существует инженерная психология, однако создание приемлемо работающих систем автоматического контроля стало возможным лишь в последние два десятилетия, благодаря бурному развитию информационных технологий. Появление дешевых и мощных вычислительных систем позволило быстро обрабатывать большие объемы биологической информации (Dorokhov et al., 2008; Wright et al., 2007) – в результате менее чем за два десятилетия (1990-е–2007) коммерческими фирмами США, Великобритании, России, Австралии и Греции были разработаны несколько десятков автоматических систем контроля

- 1 Работа поддержана грантами: РГНФ № 08-06-00598а, РФФИ № 09-06-12040офи-м и грантом Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».
- 2 Выражаем нашу признательность сотрудникам Центра экспериментальной психологии МГППУ (г. Москва) за содействие и доброжелательную критику.