

## **К вопросу о разработке систем предотвращения ошибок человека-оператора**

**Щербина Д.Н., Богун А.С.  
[anna\\_bogun84@mail.ru](mailto:anna_bogun84@mail.ru)**

В настоящее время в связи с возрастающей сложностью человеко-машинных систем увеличивается цена ошибки оператора. Поэтому все более актуальной становится проблема прогноза возникновения ошибки с целью ее предотвращения. Текущие методы прогноза возникновения ошибок, как правило, основаны на оценке вероятности совершения оператором неправильного действия (Айдаркин, Пахомов, 2004). Эти методы малопригодны для полного устранения ошибок, так как единичные ошибки возможны даже при относительно высоком качестве деятельности. В таких условиях для работы вероятностных методов необходимо накопление достаточной статистики об элементарных операциях, предваряющих принятие решения оператором, с тем, чтобы рассчитать вероятность того, приведет ли данное решение к ошибке. Выполнение этого условия затруднено при контроле качества сложной мыслительной деятельности, поскольку в этом случае практически отсутствуют поведенческие признаки неадекватности хода мысли оператора.

Одним из подходов, преодолевающих указанную трудность, служит добавление к основной задаче более простой дополнительной. Поскольку параллельное выполнение двух задач приводит к их конкуренции за когнитивные ресурсы, то регулярная оценка эффективности выполнения простой дополнительной задачи может служить маркером эффективности основной деятельности, но только с обратным знаком (Айдаркин с соавт., 2006).

В нашей работе мы использовали в качестве модели сложной операторской деятельности решение арифметических задач. В исследовании приняли участие 20 человек в возрасте от 19 до 32 лет, не имеющие существенных нарушений здоровья. Использовалась разработанная ранее методика параллельного выполнения задачи на умножение двузначных чисел и простой аудиомоторной реакции (ПАМР) (Айдаркин с соавт., 2006). Адекватность использования задачи на умножение двузначных чисел подтверждается тем, что по результатам сопоставления среднего времени решения каждого примера и вероятности нахождения правильного ответа большая часть заданий воспринимались испытуемыми как нагрузка среднего уровня сложности, 8,5% примеров воспринимались как чересчур сложные (вероятность решения < 50%), а 13,5% - как простые (вероятность решения > 95%). При этом время решения примеров было обратно пропорционально вероятности его решения ( $r=-0.4$ ). Время решения самого простого примера в среднем составляло 23 с, сложного – 52 с. Эти различия были достоверны для самых простых примеров (вероятность решения более 95%) и самых сложных (вероятность решения менее 50%) ( $F(1,6)=7,18, p<0.001$ ).

При анализе выполнения ПАМР во время решения примеров было обнаружено существенное варьирование времени реакции (ВР), при этом среднее ВР увеличивалось в сравнении с фоновыми значениями (выполнение только ПАМР). В ходе решения примера оценивалась динамика уровня когнитивного напряжения (КН), вызванного решением примера, по времени следующих друг за другом ПАМР, которые изменялись однонаправлено. Если ВР попадало в один из указанных для КН диапазонов не менее трех раз подряд, то состояние с данным уровнем КН рассматривалось как устойчивое (то есть длящееся не менее 5 с). В противном случае, если последовательные значения ВР попадали в различные диапазоны, то такое состояние классифицировалось нами как нестабильное (Айдаркин с соавт., 2007). Анализ характеристик ЭЭГ и связанных с событием потенциалов мозга показал различие картин активации мозговых структур в зависимости от уровня КН в указанных состояниях.

Весь процесс решения примера может быть условно разделен на несколько следующих друг за другом стадий: чтение условия задания, 3-7 промежуточные арифметические операции, сопоставление результата с предлагаемыми вариантами, подтверждение выбранного варианта ответа. Время общего выполнения зависит от скорости решения на каждой стадии и скорости переключения с одной стадии на другую. Ошибочное решение обычно возникает в случае неправильного выполнения одной из стадий решения. В большинстве случаев успешное решение арифметического примера включало непродолжительный период углубления в совершение мыслительных операций, или *задумчивость*, что сопровождалось пропуском тестовых стимулов, в ответ на которые требовалось нажимать на кнопку (состояние высокого КН). Этот требовательный к ресурсам внимания процесс, сопровождающийся характерными глазодвигательными движениями, по нашему мнению и представляет собой выполнение арифметических операций в уме. Вероятно, у многих обследуемых при обнаружении собственной ошибки происходило повторное выполнение тех же операций, что удлиняло время решения. Также диагностировались ситуации, когда после периода "задумчивости" обследуемый переходил к подбору верного ответа, и, перебрав все варианты, вновь погружался в "задумчивость", пересчитывая пример заново. Данный паттерн динамики КН свидетельствует о том, что оператор считал свое решение верным, и только отсутствие совпадений среди вариантов ответа заставило его начать решение сначала.

В целом в качестве основной причины возникновения ошибок оказывалось желание испытуемого увеличить собственную скорость выполнения задания. При этом те операции, выполнение которых в более медленном темпе обычно приводит к правильному результату, оказывались ошибочными. Причина такого эффекта у испытуемых, вероятно, заключалась в индивидуальных способах оптимизации деятельности, выбираемых с целью сокращения общего времени выполнения задания при сохранении качества. К таким способам могут быть отнесены комплексирование стадий решения примера, специальные приемы округления до десятков для удобства счета с последующим вычитанием, приблизительное вычисление или угадывание ответа. Использование этих способов в свою очередь зависит от сформированности у испытуемого навыков счета в уме. Совокупность навыков выполнения деятельности, способности к концентрации внимания, а также личного уровня мотивации формирует индивидуальный когнитивный стиль (ИКС) испытуемого, представляющий собой подход к выполнению заданий, напрямую влияющий на результативность. Характеристики ИКС могут быть получены на тренажере путем статистического описания типичной динамики уровня КН при выполнении сложной мыслительной деятельности. Возникновение паттернов динамики КН, предваряющих принятие оператором ошибочного решения, может определяться автоматически, что может лечь в основу новых систем психофизиологической поддержки операторов.