

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В. Г. Зазыкин

Современный этап развития инженерной психологии, связанный с интеграцией ее различных направлений, характеризуется выдвижением на передний план системных методов исследования, позволяющих изучать общие закономерности функционирования системы человек—машина. Применение системного подхода к решению проблем инженерной психологии во многом определяется необходимостью решения ее центральной задачи — разработки теоретических и методических основ инженерно-психологического проектирования и проектирования деятельности человека-оператора.

Проблема инженерно-психологического проектирования и проектирования деятельности, сформулированная и разработанная Б. Ф. Ломовым, неоднократно отмечалась в работах ведущих психологов как главная задача инженерной психологии. Б. Ф. Ломов, в частности, подчеркивал, что «проектирование деятельности открывает огромные резервы для повышения эффективности и надежности систем человек — машина» [10].

За последние годы было сформулировано несколько концепций инженерно-психологического проектирования, среди которых заслуживает внимания системно-антропоцентрическая, в которой предложены конкретные методы проектирования [8].

Вопросы, связанные с проектированием деятельности и инженерно-психологическим проектированием, неоднократно освещались на различных научных совещаниях. Так, на V Всесоюзном симпозиуме по эффективности, качеству и надежности систем человек—машина под председательством А. И. Губинского работала секция «Моделирование и проектирование процессов функционирования систем человек—машина». На V Всесоюзной конференции по инженерной психологии секцию «Инженерно-психологическое проектирование деятельности человека-оператора» возглавлял В. Ф. Венда [17].

Однако при значительных успехах в разработке основ инженерно-психологического проектирования следует отметить, что до настоящего времени нет единого понятийного и терминологического аппарата, не сформулированы основные принципы, положения, этапы. Нет сложившегося проективного проектирования. Так, в работе [6] указывается, что «...инженерно-психологическое проектирование будет рассматриваться нами как инженерно-психологическая работа в практике проектирования». Н. М. Рудикт, связанный с планированием [19]. В работе [8] отмечается, что «...понятием инженерно-психологического проектирования охватываются проблемы проектирования деятельности и методы его решения». В. Ф. Рубахин инженерно-психологическое проектирование считает системотех-

ническим [18]. Часто понятие инженерно-психологического проектирования отождествляется с проектированием деятельности нередко граница между ними весьма условна.

Крайне мало разработано конкретных методов проектирования. В настоящее время проектирование систем человек—машина осуществляется в лучшем случае с учетом средних или предельных возможностей человека и его негативных функциональных характеристик (типа ограничений, которые он накладывает на работу системы).

Некоторые авторы выделяют проект деятельности человека-оператора как основу для создания средств отображения информации и органов управления [11, 14]. Б. Ф. Ломов отмечает, что «...вопрос о том, какие контрольно-измерительные приборы или органы управления целесообразно использовать в том или ином случае, должен решаться относительно проекта будущей деятельности человека и тех условий, в которых ей предстоит протекать» [26, с. 15]. В работе [8] подчеркивается, что проектирование деятельности по существу является задачей комплексного проектирования внешних средств деятельности человека-оператора и формирования соответствующих интегрированных средств.

Существует несколько подходов к осуществлению самого проекта деятельности, в основу которого, по мнению разных авторов, должны быть положены: комплекс операционно-психологических методов [19]; профессиографический анализ деятельности оператора с последующей конкретизацией его действий [18]; система математических моделей деятельности [22] и т. д.

Однако автор не ставит своей целью анализ проблем инженерно-психологического проектирования; хотелось бы акцентировать внимание лишь на некоторых аспектах этих проблем. Современные полуавтоматические системы в большинстве своем отличаются сложностью динамических характеристик. Режимы их функционирования могут иметь случайный разброс параметров в достаточно широком диапазоне. Техническая часть таких систем представляет собой определенную организацию динамических элементов, которые могут обладать инерционностью, колебательностью, нелинейностью. Некоторые из полуавтоматических систем либо перемещаются в пространстве (самолет, космический корабль), либо их основные функции связаны с перемещением исполнительных устройств (манипуляторы), либо переходные процессы в системах имеют сложный характер (например, управление химической реакцией). Во многих случаях перемещение в пространстве полуавтоматической системы сопряжено со сложностью переходных процессов, протекающих в ее технической части при осуществлении управления человеком. К примеру, при больших скоростях полета летательного аппарата в пределах атмосферы, когда он подвергается воздействию больших сил и моментов, начинают сказываться деформации, влияющие на аэродинамику и приводящие к изменению его динамических характеристик [1]. В ряде случаев размещенные внутри летательного аппарата тела совершают заданное движение, это в свою очередь также приводит к изменению динамических характеристик объекта.

О важности исследования влияния динамических характеристик объекта управления на структуру и характеристики операторской деятельности свидетельствуют работы Б. Ф. Ломова (1966, 1978), Ю. П. Доброленского, Н. Д. Заваловой, В. А. Пономаренко (1975), В. Ф. Венды (1975), Г. И. Рыльского (1978) и других авторов. В работе [1] отмечается, что «...оптимальное взаимодействие человека и машины возможно в том случае, если машина сконструирована с учетом возможностей человека, а человек хорошо знает динамические характеристики машины» [с. 251]. Наши исследования позволяют утверждать, что динамические характеристики объекта управления в ряде случаев оказывают решающее влияние на эффективность операторской деятельности [3, 4].

В этой связи представляется неоспоримым включение в процесс инженерно-психологического проектирования процедуры выбора таких динамических характеристик объекта управления, при которых человек-оператор работает с высокой эффективностью, и система действительно выполняет свои целевые функции.

Таким образом, проблема инженерно-психологического проектирования, на наш взгляд, представляет собой задачу комплексного проектирования человекомашинной системы в целом. Необходимость такого проектирования всей полуавтоматической системы отмечалась в работах [5, 16].

Подобный подход к решению проблем инженерно-психологического проектирования предусматривает решение целого круга задач, и главные из них связаны с созданием единого языка описания функционирования «машинных» звеньев системы и характеристик человека-оператора, включенных в выполнение данной деятельности. Важность решения этих задач неоднократно подчеркивалась в работах Б. Ф. Ломова, В. Ф. Рубахина, А. И. Губинского и др.

Попытки создания единого языка описания человекомашинной системы в целом привели в свое время специалистов к формализации деятельности оператора путем исследования его динамических характеристик. При этом полагалось, что оператор, управляя машиной, сам становится звеном замкнутого контура управления. Следовательно, по известным входным сигналам и управляющим действиям оператора можно определить, какое преобразование он совершает как звено системы, и тем самым описать его передаточные характеристики. Использование такой формы описания деятельности оператора явилось не случайным. Дело в том, что динамические характеристики технической части системы (например, летательного аппарата) приближенно описываются системой передаточных функций или квазилинейной системой с дополнительным генератором сигналов. Поэтому представлялось разумным этот подход применить к описанию деятельности оператора [27, 28 и др.]. На основании такого подхода было создано множество передаточных функций человека-оператора, а также нелинейных, изменяемых во времени адаптивных моделей его деятельности. В то же время ограниченность применения передаточных функций для описания деятельности оператора показана в работе [25].

Создание единого языка описания функционирования технической части системы и важнейших характеристик деятельности оператора является, по сути дела, стержневой проблемой инженерно-психологического проектирования. От ее решения зависит успешность осуществления всей комплексной программы проектирования, и в частности рационального распределения функций между оператором и машиной. Принципиальным в этой сложной задаче является отыскание того общего в функционировании технической части системы. В деятельности человека-оператора нас интересуют прежде всего те аспекты, которые по форме своего проявления были бы аналогичны функционированию технической части системы, но информативно и адекватно представляли особенности деятельности.

Нам представляется, что к таким аспектам операторской деятельности относятся управляющие и исполнительские действия, а также движение, непосредственно с ними связанные. Движение является тем общим, что одинаково присутствует и играет важную роль в деятельности оператора и работе «машинной» части системы. При этом движение технической части системы понимается широко: как непосредственное перемещение объекта или его исполнительных устройств в пространстве и как переходные процессы, протекающие при управлении. Выбор движения как связующего звена между операторской деятельностью и работой

технической части системы имеет то преимущество, что для анализа различных форм движения разработан широкий спектр точных математических методов. Отдавая предпочтение движению, мы понимаем, что «моторная» часть операторской деятельности является лишь ее низшим уровнем и поэтому не представляет в полной мере все ее аспекты. Такой подход предполагает, безусловно, некоторые упрощения сути явления. Однако, как отмечал Б. Ф. Ломов, различные психологические концепции имеют право на рассмотрение «...отдельных аспектов сторон деятельности при абстрагировании от других» с учетом того, что «...психологический анализ деятельности предполагает рассмотрение ее как сложного, многомерного и многоуровневого, динамически развиваемого явления» [26, с. 19].

Применительно к операторской деятельности движение (суть управляющие действия и движения, с ними связанные) может отражать особенности системных психических процессов, организующих выполнение данной деятельности. Это положение опирается на широко известные работы И. М. Сеченова о регуляции движений. Согласно И. М. Сеченову, вся психическая деятельность человека, недоступная прямому экспериментальному исследованию, выражается посредством внешних признаков, среди которых важное место принадлежит движению. «Все внешние признаки мозговой деятельности действительно могут быть сведены на мышечное движение. Вопрос через это крайне упрощается». И «...все бесконечное многообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению — мышечному движению», — писал И. М. Сеченов [20]. Применительно к операторской деятельности в качестве такого рода движений выступают управляющие действия и дополнительные движения. Безусловно, это является некоторым сужением понятия движения для человека.

В данном случае нас интересуют главным образом движения, связанные с управлением. Исследования особенностей операторской деятельности в полув автоматических системах позволяют утверждать, что такие движения являются главной качественной особенностью осуществления деятельности [9]. Экспериментально установлена зависимость ошибки слежения от вида и свойств входного сигнала, от уровня профессиональной подготовки оператора, от его состояния, от конструктивных особенностей внешних средств деятельности и т. д. [2, 24]. При этом особая роль отводится так называемым дополнительным движениям, непосредственно не связанным с задачами управления. Широко этот вопрос рассмотрен в работах по исследованию непрерывной сенсомоторной деятельности типа слежения, являющегося достаточно представительной моделью деятельности оператора по управлению движущимся объектом. Дополнительные движения при управлении объектом, являющиеся ошибкой оператора с точки зрения теории регулирования, психологически выступают как информация для человека-оператора о результатах его действий. В этом случае принципиально важным является сугубо специфическое изменение вида дополнительных движений в зависимости от фактора, оказывающего на них влияние. Например, характер и качественные показатели ошибки слежения у усталого оператора существенно отличны от ошибки недостаточно обученного оператора, даже когда равны их количественные характеристики (например, дисперсия или интегральная ошибка). Было установлено, что значительная часть дополнительных движений является гностическими и корректировочными, т. е. это не случайные «колебания» вокруг управляющего движения, а в основном целенаправленные, необходимые для получения информации о процессе управления объектом [2, 24]. Экспериментальные исследования позволили раскрыть двойственность проявления дополнительных движений. С одной стороны, они являются ошибкой, так как не соответствуют алгоритму выполнения деятельности, с другой — это специфическое проявление

ние активности оператора, характеризующее условия выполнения деятельности. Именно эта сторона дополнительных движений представляет собой значительный интерес для практики проектирования. Дело в том, что дополнительные движения формально выступают как ошибка, как разброс значений управляющих действий, и этот разброс полностью определяется условиями деятельности и средствами ее осуществления.

Рассмотренное описание управляющих действий человека-оператора (как характеристика его деятельности) предоставляет возможность использования для проектирования систем человек—машина аппарата синтеза систем со случайным разбросом параметров, широко применяющегося в практике проектирования автоматических объектов [23]. Этот аппарат проектирования является в достаточной мере общим и универсальным, не накладывающим ограничений на место человека-оператора в системе управления для систем, использующих принцип слежения (в прямой цепи, когда оператор выполняет функции управления, или в цепи обратной связи, если оператор корректирует процесс управления).

Следует, однако, иметь в виду, что методы синтеза систем со случайным разбросом параметров осуществляются с использованием точностных критериев. Вопрос о выборе адекватных критериев оценки качества функционирования системы человек—машина является одним из главных в решении проблем инженерно-психологического проектирования. Выбранные критерии должны быть в одинаковой мере состоятельны как для оценки деятельности человека-оператора, так и функционирования машинной части системы. В настоящее время успешно применяются критерии, которые отражают различные аспекты качества выполнения операторской деятельности. Это точность, надежность, напряженность, временные критерии, интегральные критерии, эффективность. В технике для оценки функционирования систем применяют аналогичные критерии. Однако применение множества критериев при проектировании системы человек—машина может создать серьезные затруднения по ряду причин.

Во-первых, критериальный аппарат оценки качества деятельности человека-оператора находится в стадии становления. Нет единого определения таких понятий, как надежность человека-оператора, напряженность его состояния в процессе выполнения деятельности, эффективность и др. Во-вторых, ряд критериев оценки деятельности человека, имея то же название, не соответствует аналогичным критериям для оценки технических систем.

На наш взгляд, во многом свободен от этих недостатков лишь один критерий — точность. Он имеет единое толкование как для оценки деятельности человека, так и функционирования машины, а именно: точность есть степень соответствия заданному алгоритму (программе) выполнения. Для оценки точности выполнения действий человека и функционирования технической части системы применяются одни и те же характеристики и показатели, ошибки (систематические или случайные) или, в случае особой классификации, погрешности.

Определение точности работы человека-оператора по своему содержанию не различается в формулировках различных авторов, хотя терминологически оно еще недостаточно определено. Общепринятым на сегодняшний день является определение, согласно которому под точностью работы оператора понимается степень отклонения некоторого параметра от своего заданного значения [16]. По мнению А. А. Крылова, «...понятие точности наиболее адекватно отражает характеристику тех форм человеческой деятельности, которые определяются как действия и операции» [7, с. 42]. Д. Мейстер (D. Meister) и Дж. Рабидо (J. Rubido) [13] отмечали точность работы оператора как наиболее важный показатель эксплуатационных характеристик системы.

Показатели точности являются как бы основой для формирования других критериев оценки качества деятельности операторов, таких как

надежность, эффективность, напряженность. В. Д. Небылицын отмечал, что «...термином надежность мы пользуемся для обозначения стабильности и постоянства рабочих результатов индивида». При этом «...анализ надежности индивида должен включать в себя кроме чисто количественного подсчета ошибок и нарушений... еще и качественный анализ ошибок...» [15, с. 359]. Здесь речь, по существу, идет о стабильности точностных характеристик деятельности индивида. В работе [21] отмечается, что «...надежность — суть вероятность протекания рабочего процесса регулирования с заданными уровнями точности...». Надежность часто определяется как вероятность безотказной работы в течение заданного времени. В этом случае безотказная работа — это работа с требуемым уровнем точности. Б. Ф. Ломов отмечал, что «...надежность определяется возможностью той или иной системы работать в течение заданного времени с заданной точностью» [9, с. 405]. Под эффективностью в общем случае понимается результативность, мера или степень достижения конечных целей [7, 19]. Безусловно, конечные цели функционирования не могут быть достигнуты, если не обеспечивается определенная точность. Напряженность оператора — это по сути дела «цена» за выполнение данной деятельности с требуемой точностью в течение определенного времени.

Таким образом, показатели точности функционирования человеко-машинной системы могут являться исходными для решения задач инженерно-психологического проектирования.

Методы синтеза систем со случайным разбросом параметров по показателям точности предусматривают назначение таких допусков на точность работы звеньев прямой и обратной цепи, при которых обеспечивается требуемая точность функционирования всей системы. Допуск определяет предельный разброс функциональных характеристик звена. По отношению к деятельности человека-оператора допуск на разброс значений (показателей) управляющих действий есть не что иное, как диапазон возможной вариативности внешних средств деятельности, при котором обеспечивается требуемая эффективность работы всей системы. Исходя из этого диапазона должен осуществляться сам процесс проектирования деятельности человека-оператора, на базе которого создаются внешние средства деятельности. На данном этапе уточняется содержание деятельности, оптимизируется процесс информационного взаимодействия, производится рациональное распределение (или передача) функций между человеком и машиной, определяются конкретные режимы работы оператора. Заданный диапазон разброса функциональных характеристик конкретизирует требования к уровню профессиональной подготовки операторов и к профессиональному отбору для выполнения данной деятельности.

Допуск на разброс параметров технической части системы также имеет конкретное содержание. Главное здесь — это возможность варьирования параметрами технической части системы с целью достижения наиболее эффективного управления. Не следует забывать, что данный допуск включает в себя изменение параметров по чисто производственным причинам, например технологическим погрешностям при изготовлении элементов системы.

При таком подходе процесс инженерно-психологического проектирования может складываться из ряда этапов, содержание которых близко к этапам проектирования технической системы.

Исходя из целей функционирования системы человек—машина, ее класса, требований к ее функциональным характеристикам, выбирается общая схема системы. В первом приближении определяется место человека как звена в системе, общие принципы его взаимодействия с технической частью системы. Это этап предварительного проектирования.

При помощи совокупности специальных методов на основе системы выбранных критериев определяются требования к качеству функционирования человека-оператора (или группы операторов) и «машинной» части системы. С учетом требований к качеству подсистем и звеньев системы решаются вопросы, связанные с максимальной эффективностью, техническим проектированием, включая комплекс конкретных разработок по оптимизации деятельности человека-оператора.

Безусловно, это лишь схема; конкретное содержание каждого этапа, разработка методов потребуют специальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боднер В. А. Теория автоматического управления полетом. М., 1964.
2. Бодров В. А., Зазыкин В. Г., Чернышев А. П. Компенсаторное слежение за гармоническим сигналом.— В сб.: Инженерная психология. М., 1977, с. 285—302.
3. Зазыкин В. Г., Николаев С. А., Чернышев А. П. Влияние динамических характеристик объекта управления на эффективность функционирования человека-оператора.— В сб.: Матер. V Всесоюз. симпозиума по эффективности, качеству и надежности систем. Л., 1978, с. 36—37.
4. Зазыкин В. Г., Чернышев А. П. Влияние нелинейности характеристик объекта управления на качество выполнения слежения человеком-оператором.— *Вопр. психологии*, 1980, № 2, с. 132—135.
5. Зинченко В. П., Мунипов В. М. Основы эргономики. М., 1979.
6. Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 2. М., 1970.
7. Крылов А. А. Человек в автоматизированных системах управления. Л., 1972.
8. Крылов А. А., Дмитриева М. А., Нафтульев А. И. Психология труда и инженерная психология. Л., 1979.
9. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., 1966.
10. Ломов Б. Ф. Состояние и перспективы развития психологии в СССР.— *Вопр. психологии*, 1971, № 5, с. 6.
11. Ломов Б. Ф., Рубахин В. Ф. Современные проблемы инженерной психологии.— В сб.: Прикладные вопросы инженерной психологии. Вып. 1. Таганрог, 1974, с. 3—12.
12. Ломов Б. Ф. О путях построения теории инженерной психологии на основе системного подхода.— В сб.: Инженерная психология. М., 1977, с. 31—53.
13. Мейстер Д., Рабидо Дж. Инженерно-психологическая оценка при разработке систем управления. М., 1970.
14. Методы инженерно-психологических исследований в авиации. Под ред. Ю. П. Доброленского. М., 1975.
15. Небылицын В. Д. Надежность работы оператора в сложной системе управления.— В сб.: Инженерная психология. М., 1964, с. 358.
16. Основы инженерной психологии. Под ред. Б. Ф. Ломова. М., 1977.
17. Проблемы инженерной психологии. Вып. 1. Теория и проектирование операторской деятельности. М., 1979.
18. Рубахин В. Ф. Состояние и тенденция развития инженерной психологии.— В сб.: Инженерная психология. М., 1977, с. 5—31.
19. Рудный Н. М., Зараковский Г. М. Психологические проблемы проектирования деятельности человека-оператора.— *Вопр. психологии*, 1978, № 3, с. 108—114.
20. Сеченов И. М. Избр. произведения. М., 1953, с. 33.
21. Сергеев Г. А., Романенко А. Ф. Статистические методы контроля эффективности операторов в системе человек-автомат. В сб.: Инженерная психология в приборостроении. Л., 1965, с. 30—32.
22. Суходольский Г. В. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности. Л., 1976.
23. Федосов Е. А., Подвицнев Ю. В., Себряков Г. Г., Чернышев А. П. Некоторые вопросы корреляционной теории динамической точности систем со случайными параметрами.— В сб.: Автоматическое управление и вычислительная техника. М., 1968, с. 168—189.
24. Чернышев А. П., Зазыкин В. Г. Исследование ошибочных действий человека-оператора при слежении за случайными сигналами.— *Техническая эстетика*, № 4—5, 1977, с. 28—30.
25. Чернышев А. П. К вопросу об инженерно-психологическом проектировании полуватоматических систем управления.— *Психологический ж.*, № 5, 1980, с. 105—116.
26. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике. М., 1978.
27. Bekey G. A. An Investigation of Sampled-Data Models of the Human Operator in a Control System. Dept of Engig University of California of Los Angeles, 1967.
28. McRuer D. T., Krendel E. S. WADS Technical Rep. 56—524 Wright Air Development Center, 1957.

Поступила в редакцию
10.III.1980

ВОЕННАЯ ПСИХОЛОГИЯ

О РАЗВИТИИ СОВЕТСКОЙ ВОЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ

Н. Ф. Феденко

В Программе Коммунистической партии Советского Союза, решениях съездов, постановлениях ЦК КПСС [2—4] неоднократно отмечалось, что по мере продвижения нашего общества к коммунизму, усложнения задач коммунистического воспитания советского человека возрастает роль научно обоснованной системы обучения, воспитания и руководства людьми. Это положение полностью относится и к Вооруженным Силам.

В системе наук, раскрывающих закономерности процессов обучения, воспитания воинов, сплочения воинских коллективов, совершенствования руководства важное место принадлежит военной психологии. Являясь отраслью психологической науки, она изучает особенности формирования и проявления личности воина, а также психологию воинского коллектива в условиях службы и боевой деятельности с целью выработки практических рекомендаций и обобщений, помогающих офицерам эффективно осуществлять обучение, воспитание и руководство воинами и подчиненными подразделениями [25].

Советская военная психология разрабатывается на марксистско-ленинской методологической основе, в соответствии с требованиями советской военной теории и предназначена для строительства и укрепления армии социалистического типа. В этом ее коренное отличие от военной психологической науки буржуазных стран, обслуживающей военные интересы империализма.

Наиболее заметными вехами развития советской военной психологии было обоснование ее значимости в военном строительстве. Оно опиралось на принципиальное положение В. И. Ленина о том, что «во всякой войне победа в конечном счете обусловливается состоянием духа тех масс, которые на поле брани проливают свою кровь» [1].

Внимание к духовным силам бойца и армии проявилось в создании института военных комиссаров, в партийно-политической работе с личным составом. Это привело к возрастанию роли военной психологии как науки о солдате, о его духовных силах и качествах. Свой вклад в разработку принципиальных положений этой науки внесли П. Е. Дыбенко, В. А. Антонов-Авсеев, Н. И. Подвойский, С. С. Каменев и другие видные военные деятели, а также военные психологи П. И. Измestьев, А. Е. Снесарев, Д. В. Балаланин, Г. Ф. Гирс и др. В дальнейшем в военной психологии была проделана большая работа по преодолению рецидивов идеализма, углублению понимания военно-психологического знания, разработке методов научного исследования. Важные обобщения сформировали М. В. Фрунзе, А. С. Бубнов, С. И. Гусев, М. Н. Тухачевский, а также военные психологи А. А. Таланкин, Г. Д. Хаханьян, В. Рубцов, Ю. П. Фролов и др.