

УДК 159.9

ГРНТИ 15.81.31

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ<sup>1</sup>

© 2022 г. Б.Ф. Ломов

*Декан факультета психологии Ленинградского государственного университета им. А.А.  
Жданова*

Данная статья<sup>2</sup> Б.Ф. Ломова посвящена детальному рассмотрению основных проблем инженерной психологии. К ним относятся проблемы передачи информации человеку-оператору, управляющих действий человека-оператора, оперативного мышления, памяти человека-оператора, деятельности человека-оператора в системах контроля и управления, надежности человека-оператора. Б.Ф. Ломов детально рассматривает содержание этих проблем и приводит примеры инженерно-психологических исследований советских и зарубежных психологов 1950-1960-х гг. Проблема передачи информации человеку-оператору включает в себя психофизиологический (соотношение физического сигнала и сенсорных систем), теоретико-информационный (оценка предельного количества воспринимаемой и перерабатываемой человеком информации в единицу времени) и собственно психологический (изучение психических процессов, участвующих в переработке информации) аспекты. Исследование управляющих действий человека-оператора включает в себя выявление механизмов психической регуляции рабочих движений. К аспектам оперативного мышления относятся решение практических задач и последующее построение модели предполагаемой совокупности действий, обеспечивающей достижение цели. Проблема функционирования памяти в деятельности оператора проявляется в изучении закономерностей собственно оперативной памяти, которая обеспечивает выполнение текущих задач. Анализ деятельности человека-оператора в системах контроля и управления заключается в ее алгоритмическом описании и выявлении характеристик построения информационных моделей задач и объектов. Проблема надежности операторов предполагает исследование причин отказов в работе, факторов надежной работы в неблагоприятных условиях, особенностей работоспособности,

---

<sup>1</sup> Впервые опубликовано: Ломов Б.Ф. Основные проблемы инженерной психологии // Инженерная психология в приборостроении / Отв. ред. Б.Ф. Ломов. М., 1967. С. 3-22.

<sup>2</sup> Аннотация и ключевые слова к статье составлены А.А. Костригиным.

специфики психической регуляции деятельности и индивидуально-типологических свойств человека. Все перечисленные направления инженерно-психологических исследований составляют комплекс проблем системы «человек-машина».

*Ключевые слова:* инженерная психология, передача и переработка информации, оперативное мышление, оперативная память, надежность оператора, система «человек-машина».

Инженерная психология возникла как самостоятельное направление сравнительно недавно, около двух десятилетий назад. Ее основной задачей является разработка принципов согласования орудий труда с психическими особенностями и характеристиками человека<sup>3</sup>. В решении этой задачи инженерная психология исходит из общего теоретического представления о человеке как звене систем управления и контроля. В такой системе человек и машина образуют единый контур регулирования — систему «человек — машина». Основной теоретической задачей инженерной психологии является выяснение закономерностей деятельности человека по приему, переработке и передаче информации, циркулирующей в системе «человек — машина».

Поэтому в совершенно новом аспекте выступила проблема приспособления машины к человеку. Если раньше при разработке и конструировании машин речь шла главным образом об учете анатомических и физиологических особенностей человека, то теперь на первый план выдвинут вопрос об учете особенностей психических. Конструкторов современных машин прежде всего интересуют характеристики восприятия, внимания, памяти и мышления. Вопросы же оптимальной рабочей позы, рациональной организации движения и т.п. становятся подчиненными. Они рассматриваются лишь в связи с анализом общих условий деятельности человека, основным содержанием которой является прием информации от машин, ее преобразование, формирование решений и команд и выполнение управляющих действий.

---

<sup>3</sup> Инженерная психология является составной частью так называемой эргономики.

Проблема «человек и техника», частью которой является вопрос о деятельности человека в системах управления (система «человек — машина»), стала сейчас одной из важнейших. Она принадлежит к числу тех проблем, которые определяют общее развитие современной науки. В изучении различных аспектов этой проблемы участвуют специалисты из различных отраслей: инженеры, математики, физиологи, врачи.

Инженерная психология развивается поистине как комплексная наука. Но решающую роль в ее становлении как самостоятельного направления сыграла психология, которая объединила специалистов из других областей. Это обусловлено тем, что именно в психологии накоплены данные, характеризующие познавательные процессы человека (обнаружение, различение, восприятие, опознание, представление, память, мышление), выявлены их основные закономерности и раскрыты некоторые принципы психической регуляции трудовых действий<sup>4</sup>.

Важно отметить также существенную роль кибернетики, в которой сформулированы некоторые общие принципы управления и строения управляющих систем, а также разработаны методы математического описания процессов передачи, переработки и хранения информации. Это позволило подойти к решению проблемы согласования характеристики машин с характеристиками человека с единой позиции, рассматривать различные по своей природе звенья систем управления в одних и тех же терминах и пользоваться общими методами исследования этих звеньев<sup>5</sup>.

В начальный период развития инженерной психологии создавались группы и лаборатории, обслуживающие отдельные ведомства и предприятия и решающие частные прикладные задачи. Но уже в конце пятидесятых годов возникла необходимость

---

<sup>4</sup> Возможность поворота психологии к проблемам технического прогресса подготовлена развитием таких ее областей, как общая теория психологии, экспериментальная психология и психология труда. Данные, представляющие определенный интерес для решения новых проблем, накоплены также в детской, педагогической, медицинской, авиационной и военной психологии, в психологии спорта и других специальных ее отраслях.

<sup>5</sup> Отметим, что иногда инженерная психология рассматривается как отрасль кибернетики.

разработки теоретических основ этой науки. В 1959 г. в Ленинградской государственном университете организуется первая университетская лаборатория инженерной психологии. В 1960-1961 гг. подобные лаборатории создаются в Московском университете, в Научно-исследовательском институте технической эстетики, в Харьковском университете, в Институте психологии Академии педагогических наук РСФСР. Небольшие группы инженерных психологов работают также в Киевском институте психологии, в Тбилиском университете, Институте психологии АН Груз. ССР и в некоторых других городах Советского Союза.

Проблемам инженерной психологии в течение ряда последних лет были посвящены различные совещания и конференции.

Самой представительной из них оказалась конференция по инженерной психологии, созванная в июне 1964 г. Ленинградским отделением общества психологов и Ленинградским Домом научно-технической пропаганды. На ней было обсуждено 120 докладов по всем направлениям ведущихся исследований. Смысл конференции состоял в том, чтобы подвести итоги работ, определить круг наиболее актуальных проблем и наметить перспективы дальнейшего развития инженерной психологии в Советском Союзе. Конференция показала, что поток исследований в области инженерной психологии ширится буквально с каждым днем; в различных лабораториях накапливается масса фактического материала. Становится совершенно очевидной необходимость систематизации и обобщения накапливаемых данных, выработки некоторых принципиальных позиций и создания на этой основе такой теории, которая могла бы служить практическим целям конструирования современной техники.

Исследования по инженерной психологии, ведущиеся в нашей стране, можно объединить вокруг нескольких основных проблем, краткая характеристика которых дается ниже.

К ним относятся:

- проблема передачи информации человеку-оператору;
- проблема управляющих действий человека-оператора;

- проблема оперативного мышления;
- проблема памяти человека-оператора;
- проблема деятельности человека-оператора в системах контроля и управления;
- проблема надежности человека-оператора.

В связи с их разработкой решаются и такие вопросы, как распределение функций между человеком и машиной в системах управления, оценка передаточной функции человека-оператора, определение требований к средствам изображения и органам управления в каждой конкретной системе и др. Отметим, что перечисленные проблемы разрабатываются неравномерно.

**Проблема передачи информации человеку-оператору** относится к числу наиболее интенсивно разрабатываемых проблем инженерной психологии, что обусловлено широким развитием систем дистанционного управления и контроля, поставившим задачу согласования технических средств сигнализации с закономерностями познавательных, прежде всего, сенсорных процессов. В общей и экспериментальной психологии проблеме сенсорных процессов (ощущения, восприятия и представления) уделялось большое внимание. Психология и физиология накопили значительный экспериментальный материал, раскрывающий особенности ощущений разных модальностей, их зависимости от физических характеристик, стимулов, взаимодействие ощущений, динамику становления перцептивного образа, физиологические механизмы сенсорных процессов.

Накопленные данные послужили основой для постановки рассматриваемой проблемы инженерной психологии. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что проблема передачи информации человеку-оператору не сводится к проблеме сенсорных процессов в ее классической постановке. Она включает по крайней мере три основных аспекта.

Один из них касается отношения свойств физического сигнала, несущего информацию, к таким «параметрам» анализатора, как чувствительность, динамика адаптации, сенсibilизации и т.п. Это психофизиологический аспект, связанный с выбором физического алфавита сигналов, т.е. вопрос о том, какие свойства стимулов,

различаемых человеком, целесообразно в том или ином случае использовать в качестве сигналов, несущих информацию.

Другой, теоретико-информационный аспект рассматриваемой проблемы касается оценки предельного количества, воспринимаемой человеком и перерабатываемой в единицу времени информации. Он связан с решением таких задач, как определение оптимальной длины алфавита сигналов, «насыщение» сигналов информацией, оценка числа их измерений (признаков), необходимых для передачи данного количества информации, распределение поступающих сигналов во времени и т.д.

Вопросы применения информационных мер при изучении психических явлений до сих пор окончательно не решены. Одни исследователи пытаются применять эти меры всюду, полагая, что они могут служить в психологии основным средством количественного анализа. Другие относятся к ним более осторожно (а иногда и просто отрицательно), указывая на ограниченность информационных мер и на необходимость прежде всего качественного анализа психических явлений. Применение этих мер в настоящее время оказалось результативным лишь при изучении очень ограниченного круга явлений (в основном реакций выбора и актов идентификации). Попытки их применения к другим моментам деятельности человека наталкиваются на значительные трудности.

Требуется еще большая совместная работа психологов и математиков для того, чтобы в полную меру оценить силу и границы методов теории информации.

Последний аспект рассматриваемой проблемы — собственно психологический касается изучения тех психических процессов, посредством которых человек принимает и перерабатывает информацию. Речь идет прежде всего о формировании субъективного образа сигнала и декодировании поступающей информации. Исследования, проведенные в плане как общей, так и инженерной психологии, показывают, что формирование перцептивного образа является фазным процессом (Ананьев, 1960; Ломов, 1963).

Знание фаз и последовательности различения признаков сигнала, а также динамики становления его образа важно для решения таких инженерно-психологических

задач, как выбор оптимального начертания знаков, определение числа строк в телевизионном изображении, скорость передачи сигналов, смены кадров в проекционных системах отображение и т.д.

В этой связи возникает также проблема «помехоустойчивости» восприятия, т.е. возможности человека реконструировать сигналы, частично разрушенные помехами.

Большую роль при построении перцептивного образа играют представления (вторичные образы), сформированные у человека в процессе развития. Акт восприятия есть вместе с тем и соотнесение формирующего образа с некоторым хранящимся в памяти эталоном. По данным ряда авторов для представления характерна схематизация образа и элементарный уровень обобщения (Ананьев, 1960; Ломов, 1963). Можно предполагать, что система представлений, хранящихся в памяти человека, образует своеобразную «субъективную шкалу», с которой соотносятся те или иные перцептивные образы. Это значительно ускоряет процесс восприятия, но вместе с тем иногда может служить источником ошибок опознания. Вопрос о формировании «субъективных шкал» и их использовании в актах восприятия сигналов нуждается в изучении, результаты которого могли бы быть весьма полезны для разработки систем оптимального кодирования информации и принципов обучения операторов.

Значительным и решающим моментом операции приема информации является декодирование. Восприняв и опознав сигнал, оператор должен оценить состояние управляемого объекта, т.е. трансформировать образ первого в образ второго, или создать «концептуальную модель» (термин А.Т. Велфорда (Welford, 1962)). Эта трансформация может осуществляться либо как перевод перцептивного образа в представление на основе механизма ассоциаций, либо путем более сложных преобразований на уровне речемыслительных процессов. Характер трансформации в конечном счете определяется той задачей, которую должен решить оператор.

Очевидно, скорость, точность и надежность трансформации зависят от тех соотношений, которые устанавливаются между сигналами и отображаемыми в них объектами. В этой связи прежде всего возникает вопрос о соотношении числа признаков

объекта и сигнала. Имеющиеся экспериментальные данные показывают, что оптимальной является такая система кодирования, при которой отношение числа признаков сигнала к числу признаков объекта равно единице. При этом должна соблюдаться строгая субординация признаков и в соответствии с нею степень их различимости (Тутушкина, 1965).

Другой не менее важный вопрос той же проблемы касается соотношения признаков сигнала и объекта по качеству, по природе.

Все сигналы, с которыми человек имеет дело, можно разделить на сигналы-изображения, в которых свойства сигнала так или иначе воспроизводят свойства объекта, и сигналы-символы, обозначающие лишь свойства объекта, т.е. являющиеся их условными знаками. Степень полноты воспроизведения объекта в сигнале-изображении может быть различной: от более или менее полной картины (типа телевизионного цветного объемного изображения) до схемы (контурный рисунок, чертеж).

В операциях приема информации, передаваемой с помощью сигналов-изображений, процессы восприятия и декодирования как бы слиты благодаря действию механизма ассоциации по сходству, что — как показывают эксперименты (Ломов, 1963) — приводит к сокращению времени трансформации. При использовании сигналов-символов эти процессы могут расходиться, что естественно требует дополнительного времени для трансформации образа сигнала в «концептуальную модель».

Однако это не значит, что сигнал-изображение всегда является наилучшим. Применением сигналов этого типа достигается выигрыш в скорости и помехоустойчивости приема информации, но снижается точность (последняя здесь полностью определяется возможностями измерительной функции анализаторов). При выборе типа сигнала в конечном счете следует исходить из задач, решаемых оператором. В большинстве современных средств отображения используются сигналы, сочетающие моменты изображения и символа.

В последнее время большое внимание привлекает идея разработки особой разновидности сигналов-символов, отображающих различные признаки объекта



управления в виде целостной пространственной структуры («пространственное кодирование»). К ним, в частности, относится графическая индикация, являющаяся одним из экономных способов передачи человеку информации о физических величинах (диаграммы, графики, номограммы и т.п., получаемые с помощью средств электроники на основе переработки первичной информации в информационно-логических машинах). Графическая индикация, позволяющая переводить почти любые измеряемые величины (в том числе и такие как время, сила, скорость, напряжение и т.п.), а также непосредственно ненаблюдаемые зависимости между ними в пространственную схему, не является изображением в подлинном смысле слова. Она не воспроизводит свойств объекта, в ней в виде целостной условной картины отображаются различные признаки объекта.

Есть основания предполагать, что замена массы отдельных приборов, передающих дискретно информацию об отдельных параметрах управляемого объекта, целостной пространственной схемой (условной картиной), изменяющей свою конфигурацию в соответствии с взаимосвязанными изменениями параметров, позволит значительно повысить скорость и надежность приема информации человеком. Такого рода интегральная система кодирования рассчитана на естественный для человека симультанный способ оценки большого комплекса параметров (Miller, 1958).

Рассмотренные аспекты проблемы передачи информации человеку-оператору касаются некоторых общих принципов оптимального кодирования. Результаты исследований, ведущихся в перечисленных направлениях, могут служить исходным основанием при разработке средств отображения.

В связи с проблемой передачи информации человеку-оператору коснемся вопроса создания устройств, рассчитанных главным образом на визуальный прием человеком передаваемых сигналов.

Зрительный аппарат, обладающих рядом преимуществ перед другими анализаторами, подвержен перегрузке, что снижает надежность работы человека и вызывает заболевание органов зрения.

Сенсорная организация человека включает более десятка анализаторов (имеется множество «сенсорных входов»), между которыми должно быть установлено рациональное распределение передаваемой информации. Проведенные эксперименты показали, что человек может решать довольно сложные задачи, ориентируясь не только по визуальным, но и по звуковым или тактильным сигналам (Ананьев и др., 1959; Geldard, 1961; Трохел, 1962).

Заканчивая общую характеристику первой проблемы, отметим, что в инженерной психологии проводится много исследований, направленных на психологический анализ конкретных видов индикаторов (изучение скорости, точности и надежности восприятия их показаний). Подробное изложение данных о восприятии показаний стрелочных приборов и некоторых принципах оформления их лицевых частей имеется в работах (Ананьев, 1960; Крылов, 1963; Ломов, 1963; Платонов, 1960; Charanis, et al., 1961; Human engineering guide..., 1963; A Survey Report..., 1949; McCormick, 1957). Данные о восприятии знаковой и графической индикации излагаются в работах (Бушурова, 1964; Бушурова, Тутушкина, 1964; Ломов, 1963). Имеется ряд исследований по вопросам восприятия звуковых сигналов и речи (Инженерная психология, 1964; Ломов, 1963; Луцкихина, 1965; Charanis et al., 1961; Human engineering guide..., 1963; A Survey Report..., 1949; McCormick, 1957).

**Исследования управляющих действий человека-оператора.** Приняв и переработав информацию, оператор выполняет то или иное действие, направленное на изменение управляемого объекта. С помощью этих действий передается информация от человека к машине. В физиологии и биомеханике достаточно подробно изучены пространственные, силовые и временные характеристики различных типов движения. Полученные данные могут быть использованы для некоторых расчетов при конструировании органов управления. Однако они позволяют определить лишь самые общие требования к органам управления (в отношении допустимой амплитуды движения, скорости и сопротивления), но не дают оснований для выбора такой конструкции, которая обеспечила бы необходимую точность и надежность действий оператора. В этой

связи возникает проблема механизма психической регуляции рабочих движений. Большинство советских психологов считает, что различные формы психического отражения (перцептивные образы, представления, концептуальные модели) выступают в роли регуляторов двигательных актов.

В многочисленных физиологических и психологических исследованиях были выявлены некоторые конкретные закономерности рефлекторного механизма двигательного акта, выяснена роль «сенсорных коррекций» и «обратной афферентации», изучены некоторые характеристики нейродинамики и т.д. (Н.А. Бернштейн, П.К. Анохин, А.В. Запорожец, А.Н. Леонтьев, А.Р. Лурия и др.).

Человеческая рука представляет собой сложную управляемую систему с обратными связями, в которых существенную роль играют кинестетический и тактильный анализаторы. Точность и скорость движений руки определяются не свойствами мышечной ткани и строением суставов, а главным образом характеристиками процесса циркуляции управляющей информации (время цикла регулирования, время переключения, структура управляющего сигнала и др.).

Благодаря организации регуляторных взаимодействий (синтезу управляющих сигналов) преодолеваются избыточные степени свободы движущегося органа, кинематические цепи становятся полносвязанными, а движение координированным.

Любое, даже самое простое трудовое действие, складывается из более или менее значительной массы элементарных движений, объединенных механизмом регуляции в целостную структуру. Эти движения по функциям можно разбить на три группы.

Первую составляют собственно рабочие (или исполнительные) движения, посредством которых осуществляется воздействие на объект.

Ко второй относятся гностические движения, направленные на познание объекта и условий действий. Эти движения весьма многообразны; ощупывание (осязательные), измерительные, пробующие и контрольные.

Третью группу составляют приспособительные движения. К ним относятся установочные движения (установка рабочей позы руки), а также корригирующие (с их

помощью по ходу выполнения действия исправляются возникающие ошибки), уравнивающие и компенсаторные (они обеспечивают устойчивость и пластичность работающей руки) (Ломов, 1963).

Взаимоотношение между этими видами движений изменяется в процессе формирования навыка. Преобладающие на первой ступени гностические движения затем редуцируются и настолько тесно сливаются с рабочими движениями, что их часто трудно бывает расчленить.

Перечисленные группы движения были выявлены при изучении операций ручного труда, а позднее обнаружены и в действиях по управлению машинами. Н.А. Розе, изучавшая манипуляции с различными органами управления (маховики, тумблеры, рукоятки, рычаги, кнопки), показала, что двигательный акт складывается из массы микродвижений (Розе, 1964). Латентное время оказалось зависящим от временных характеристик установочных движений. Чем раньше рука принимает необходимую позу, тем короче латентный период. Самый процесс манипулирования состоит из массы микродвижений пальцев, совершаемых как в контакте, так и вне контакта с органом управления. По подсчетам Н.А. Розе при нажмении на кнопку в течение 0,75 сек пальцы правой руки совершают более 60 микродвижений, при переключении тумблера за то же время — около 80. Значительная доля принадлежит осязательным микродвижениям, с помощью которых отображаются форма и сопротивление органа управления (что важно для организации хватки и регулирования усилия), а также компенсирующим и уравнивающим.

С усложнением двигательной задачи дробность движений возрастает, а следовательно, увеличивается и количество элементарных кинестетических сигналов, что, по-видимому, важно для последующего синтеза движений и образования целостной сложной структуры.

Из сказанного следует, что при конструировании органов управления надо учитывать особенности не только собственно рабочих, но также гностических и приспособительных движений. Очевидно, наиболее удобными для человека будут те

инструменты и органы управления, которые обеспечивают оптимальное соотношение между перечисленными видами движений.

Поскольку управляющее действие возникает, как правило, в ответ на те или иные сигналы, появляющиеся на индикаторах, большое значение приобретает вопрос о зависимости его характеристик от отношения органов управления к индикаторам, иначе говоря, от соотношения сенсорного и моторного полей оператора.

Ряд исследований показал, что оптимальным вариантом является такой, при котором расположение органов управления соответствует расположению индикаторов (структурное соответствие) (Веккер, Сурков, 1964), а направление их перемещения — направлению движения сигналов (Левиева, 1963; Паужайте, 1965). Выявлены также некоторые «предпочтительные» виды движений при манипулировании органами управления (Charanis et al., 1961; Human engineering guide..., 1963).

Особый интерес для понимания управляющих действий (и механизма их психической регуляции) представляет изучение операции слежения с преследованием и компенсаторного. В ряде работ показана зависимость эффективности слежения от таких переменных, как характеристики преследуемого сигнала, соотношение моторного «выхода» оператора и выхода всей системы, передаточное число и др. (Левиева, Ломов, 1965).

Изучение операции слежения с преследованием позволяет выделить в этой операции два периода: переходный и установившийся. Для первого характерны наличие времени запаздывания, величина которого зависит от скорости перемещения сигнала; значительное число пауз (перерывы в движении руки), имеющих большую (до 0,5 сек) длительность; большое число движений, скорость которых выше и ниже скорости сигнала.

Переходному процессу присущи две формы: колебательная с выбросами (перерегулирование) и колебательная без выбросов. При небольших скоростях сигнала (1-2 мм/сек) преобладает первая форма, при более высоких — вторая.

В установившемся режиме сокращается число и длительность пауз, средняя скорость парциальных движений приближается к скорости сигнала.

Ведущую роль в регулировании движений в первый период играет так называемый внешний контур «глаз-рука». Зрительная система выполняет функцию измерения величины перемещения сигнала, а кинестетическая — величины перемещения руки. На основе соизмерения зрительных и кинестетических сигналов находится отношение величин перемещения сигнала и руки («передаточное число»).

В процессе слежения регулирующей образ перестраивается, и движения руки становятся более плавными и устойчивыми (установившийся режим). В результате сличения и усреднения сигналов рассогласования в течение первого периода появляется возможность оценки скорости сигнала. От регулирования движений руки по положению испытуемый переходит к их регулированию по скорости. Это в свою очередь обеспечивает включение механизма зрительной экстраполяции (Водлозеров, 1965).

Перестройка зрительного образа создает условия активизации так называемого внутреннего контура регулирования (кинестетический анализатор — двигательный аппарат руки). Благодаря этому движение становится непрерывным, хотя и с измеряющейся скоростью и более плавным. Значительно сокращается число и длительность пауз, уменьшается величина ошибок, преодолевается «время инерции». Основной функцией зрительной системы становится контроль.

Моторный компонент действия включает все перечисленные выше виды движений. Внутренний контур регулирования обеспечивает оптимальное в каждый данный момент времени сочетание этих движений и их взаимные переходы. В процессе слежения рука находится в состоянии «динамического равновесия», позволяющем с минимальной задержкой преодолевать возникающие реактивные силы. Это является одним из важнейших условий оперативной готовности к перестройке двигательного поведения.

В установившемся режиме, несмотря на невысокую точность слежения, деятельность человека характеризуется высокой динамической устойчивостью и

надежностью, что, очевидно, определяется особенностями психического регулирования (Водлозеров, 1965).

**Исследования оперативного мышления.** Центральное место в деятельности оператора занимает решение тех или иных задач, возникающих в ходе процесса управления. Во время решения осуществляется активная переработка воспринятой информации. Оператор, участвующий в сложных системах управления, имеет дело с проблемными ситуациями, которые он должен осмыслить, выявить задачу и найти пути ее решения. При этом нередко он ограничен временем, опоздание становится равносильным ошибке и может привести к еще большему усложнению проблемной ситуации, а иногда и к частичному или полному нарушению работы всей системы.

Под оперативным мышлением понимается такой процесс решения практических задач, в том числе и задач управления, в результате которого формируется модель предполагаемой совокупности действий (плана операций), обеспечивающей достижение поставленной цели.

Оперативное мышление, включающее выявление проблемной ситуации в систему (мысленных и практических) преобразований, наиболее полно было раскрыто и изучено Б.М. Тепловым (Теплов, 1961). Б.М. Теплов показал, что для развитого практического интеллекта (в его случае полководца) характерно умение «быстро разбираться в сложной ситуации и почти мгновенно находить правильное решение», т.е. то, что обычно называется интуицией, в которой своеобразно соединены образное (наглядное) и словесно-логическое мышление<sup>6</sup>. Отражение общих свойств и существенных взаимосвязей между явлениями сочетается здесь с преобладанием наглядности. Наглядный образ ситуации как бы вбирает в себя всю ту сумму знаний, которая получена путем дискурсивного мышления. Интуиция предполагает высокое развитие пространственных и временных представлений.

---

<sup>6</sup> По-видимому, высокая эффективность интуиции связана с максимальной «свернутостью» умственных действий.

Выводы, к которым пришел Б.М. Теплов, представляют для инженерной психологии большой интерес, поскольку деятельность оператора во многих отношениях аналогична деятельности полководца (сложность обстановки, дефицит времени, необходимость учета противодействующих сил, высокая ответственность за каждое решение).

Д.Н. Завалишина и В.Н. Пушкин предприняли попытку изучить самый процесс оперативного мышления и его механизм (Завалишина, Пушкин, 1964). Они пришли к выводу, что основными компонентами оперативного мышления являются структурирование, проявляющееся в образовании более крупных единиц действия на основе связывания элементов ситуации между собой; динамическое узнавание (узнавание частей конечной ситуации в исходной проблемной ситуации); формирование алгоритма решения (выработка принципов и правил решения задачи, а также определение последовательности действий в каждом конкретном случае).

Прослеживая процесс решения, авторы выявили три этапа. На первом наблюдается стремление действовать только с одним элементом ситуации; каждый элемент выступает, как одномерный вектор. На втором — элементы группируются определенным образом. Третий этап состоит в создании принципа соединения элементов в инвариантные подгруппы и разъединения неудовлетворительно (с точки зрения задачи) связанных элементов.

В деятельности оператора существенную роль играет образное или наглядное мышление, т.е. оперирование представлениями реальной информации. Это показано, в частности, в работах (Веккер, Сурков, 1964; Дмитриева, 1964; Пушкин, 1959).

В упомянутых работах отмечено, что при определенном практическом опыте представления могут достичь весьма высокой степени точности, устойчивости и структурированности.

Разрабатывая средства отображения важно иметь в виду, что функции оператора не ограничиваются только приемом информации. Конечным моментом его деятельности является решение тех или иных задач. Поэтому передача информации должна



осуществляться таким образом, чтобы облегчить оператору выявление проблемной ситуации, структурирование, динамическое узнавание и формирование алгоритма решения. При этом важно знать, в какой форме протекает решение задачи. Если оно осуществляется в плане оперирования представлениями, то важно предусмотреть, чтобы способ передачи информации обеспечивал быстрый и точный перевод полученных сигналов в наглядную мысленную картину ситуации.

**Исследования памяти оператора.** В деятельности человека, управляющего машинами по приборам, проявляются в том или ином виде все основные формы памяти: непосредственная, оперативная и долговременная. При этом соотношение между ними зависит от задач, решаемых системой «человек — машина», и от структуры деятельности оператора. В одном случае ведущее место принадлежит кратковременной (непосредственной и оперативной) памяти, в других — долговременной.

Инженерные психологи в разработке этой проблемы исходят из положения, сформулированного при изучении памяти в общей психологии (Л.В. Занков, П.И. Зинченко, А.Н. Леонтьев, А.А. Смирнов).

Для инженерной психологии особый интерес представляет так называемая оперативная память, под которой понимается кратковременное сохранение информации, необходимое для успешного решения задач текущей деятельности и достижения ее целей<sup>7</sup>.

В некоторых исследованиях сравнивалась эффективность различных кодов, используемых для передачи информации человеку: цифры, буквы, цвет, геометрические фигуры, конфигурации (Репкина, 1965). Показано, что существует зависимость эффективности кодов от характера оперативных задач. Вместе с тем при решении разных задач по-разному складываются взаимоотношения психических функций. В одних случаях ведущую роль играют процессы восприятия, в других — оперативная память, в

---

<sup>7</sup> Анализ ошибок, допускаемых оператором, показывает, что часть из них обусловлена ограниченными возможностями именно этой формы памяти.

третьих — мыслительные процессы. Это, по-видимому, и объясняет указанную зависимость: код, оптимальный для одного процесса, может оказаться неоптимальным для другого (Репкина, 1965).

Исследовалось также решение оператором задачи упорядочивания объектов, т.е. определения последовательности их обслуживания (Ананьев и др., 1959; Репкина, 1965). При решении подобных задач нагрузка на оперативную память особенно велика. Так, в экспериментах Г.В. Репкиной менялось число объектов, подлежащих упорядочиванию от 5 до 35 (общее число объектов на экране 100), а также число их параметров (например, скорость, высота, тип самолета и т.д.). Измерялось общее время решения задачи и вычислялось время, затрачиваемое на один объект. На основе данных была выведена формула

$$t_{(x,y)} = 0,174xy + 0,056x - 0,28y + 1,0,$$

где  $t_{(x,y)}$  — время, затрачиваемое на один объем;

$x$  — количество упорядочиваемых объектов;

$y$  — число параметров.

При заданном числе параметров зависимость  $t$  от  $x$  является прямой. Угол наклона прямой изменяется вполне закономерно при увеличении числа параметров. При соответствующей тренировке влияние числа параметров на время решения задачи упорядочивания может быть снято. Более детальный анализ процесса тренировки показал, что у испытуемых формируются более экономные маршруты поиска и упорядочивания и происходит автоматизация перцептивных и мнемических действий. В ходе такой тренировки формируются все более и более крупные оперативные единицы памяти.

При решении оперативных задач, требующих значительной нагрузки на память, наиболее эффективны те коды, пользуясь которыми легче образовать более крупные оперативные единицы памяти. Показано также, что оперативная память (ее объем)

зависит от того, в какой мере запоминаемый материал поддается быстрой логической обработке. Такая обработка выражается прежде всего в группировке символов и перекодирования групп, т.е. в формировании более крупных единиц.

Преобразование запоминаемого материала осуществляется двумя основными способами. Первый связан с уменьшением неопределенности материала за счет обнаружения организации (избыточности), второй ведет к уменьшению неопределенности в материале путем внесения организации на основе соотнесения объемов по каким-либо выбранным испытываемым параметрам.

В фундаментальном исследовании П.Б. Невельского была предпринята попытка оценить объем как оперативной, так и долговременной памяти (Невельский, 1965). В сериях экспериментов, использовавших лишь цифровой материал, слова и искусственные понятия, определяли количество запоминаемых символов и запоминаемой информации (в двоичных единицах). Процесс передачи материала в долговременную память в ходе повторений рассматривали как последовательное «вычерпывание» содержащейся в нем информации. Эксперименты показали, что положения Г.А. Миллера (Miller, 1958), согласно которым память зависит лишь от числа символов и не зависит от количества содержащейся в них информации, справедливо лишь для кратковременной памяти. П.Б. Невельский следующим образом формулирует вывод из своих экспериментов: «Объем кратковременной памяти более близок к инварианте, если измерять его числом запоминаемых символов, а не количеством запоминаемой информации; объем долговременной памяти более близок к инварианте, если измерять его количеством воспроизведенной информации, а не числом воспроизведенных символов» (Невельский, 1965, с. 69).

В экспериментах П.Б. Невельского показано также значение группировки материала для запоминания. Он предложил критерий группировки, выражающий отношение числа образуемых групп к числу элементов в группе. Оптимальной для запоминания оказалась такая группировка, при которой это отношение стремится к единице. Отклонение от этой величины ведет к снижению объема памяти,

обусловленному трудностями установления межгрупповых и внутригрупповых связей в материале.

**Анализ деятельности оператора.** Исследования, о которых речь шла ранее, имеют аналитический характер. В них изучались отдельные процессы и стороны деятельности оператора. Полученные результаты дают основание для решения лишь некоторых частных задач согласования характеристик машин с особенностями человека в системах управления.

Нынешнее состояние инженерной психологии потребовало разработки некоторых общих представлений о деятельности оператора в целом. Создание теоретической модели деятельности, раскрывающей ее структуру и механизмы, позволило бы по-новому оценить аналитические данные и определить наиболее эффективные способы их использования в практических целях.

Один из подходов, который здесь наметился, состоит в алгоритмическом описании деятельности оператора (Дмитриева, 1964; Зараковский, 1962; Ляпунов, Шестопап, 1965; Пушкин, 1959). Смысл дела заключается в том, что выделяются элементарные операции, выполняемые оператором, и вся деятельность описывается в виде их последовательности; при этом указываются логические условия, оценка которых необходима для перехода от одной операции к другой.

На основании алгоритмического описания деятельности и для ее оценки Г.М. Зараковский предложил ввести коэффициент стереотипности рабочего процесса и коэффициент логической сложности (Зараковский, 1962).

Первый выражается формулой

$$\beta = S_{oi}^- = \sum_{i=1}^i iP_i,$$

где  $S_{oi}^-$  — число элементарных операций в группе ( $i=1, 2, 3\dots$ );

$P_{oi}$  — частота встречаемости 1, 2, 3...  $i$ -ой группы в алгоритме.

Второй выражается формулой

$$\gamma = S_i^- \sum_{i=1}^i i P_i,$$

где  $S_i^-$  — число логических условий в группе;

$P_i$  — частота встречаемости  $i$ -ой группы логических условий в алгоритме.

Применение этих коэффициентов позволяет дать интегральную оценку деятельности и определить «узкие места» в трудовом процессе. На примере деятельности рулевого показано, что наибольшую трудность для человека представляют те звенья алгоритма, которые включают непрерывную последовательность более четырех логических условий (Зараковский, 1962).

Алгоритмическое описание деятельности может быть полезным для разработки систем «человек — машина», однако оно еще не раскрывает психологического содержания этой деятельности.

С иных позиций к анализу деятельности оператора подошел В.П. Зинченко (Инженерная психология, 1964; Проблемы инженерной психологии, 1965б). Наиболее существенной особенностью деятельности оператора, с его точки зрения, является то, что она осуществляется не с реальными объектами, а с их информационными моделями, представляющими собой «организованное в соответствии с определенной системой правил и выдаваемое на устройства индикации отображение реальной обстановки» (Проблемы инженерной психологии, 1965б, с. 4). Такое отображение, способное включить в себя сведения о состоянии внешней среды, управляемых объектов и узлов самой системы управления, является для оператора источником информации, пользуясь которой он принимает решения и обеспечивает правильную работу всей системы.

Описанная В.П. Зинченко деятельность оператора выглядит следующим образом.

На первом этапе оператор обнаруживает и декодирует информацию, выделяет из всей совокупности значимую информацию, обнаруживает изменения в состояниях управляемых объектов, особенно отклонение от заданного режима.

На втором этапе происходит переработка информации, т.е. информация преобразуется к виду, пригодному для принятия решения. Здесь оператор оценивает обстановку, выделяет проблемную ситуацию, намечает срочность задачи.

На третьем этапе на основе заранее известных данных, а также данных, полученных при анализе информационной модели, оператор принимает решение о необходимых действиях.

Наконец, на последнем этапе принятое решение приводится в исполнение посредством осуществления определенной системы действий для отдачи соответствующих распоряжений.

Операции, включенные в первые два этапа, называются информационным поиском и рассматриваются как подготовка к действию; операции последних двух этапов объединяются понятием «обслуживания».

Между указанными группами операций возможны два типа отношений:

- информационный поиск с немедленным обслуживанием;
- информационный поиск с отсроченным (отставленным во времени) обслуживанием.

Динамика деятельности и участие в ней различных психических процессов для этих двух случаев различна. Так, например, в первом случае нагрузка на оперативную память невелика; очень важным требованием является совместимость стимула и реакции и т.д.; во втором случае к оперативной памяти предъявляются очень высокие требования, а совместимость стимула и реакции оказывается не столь существенной (иногда даже органы управления целесообразнее располагать в соответствии не с сигналами, а с их оперативной группировкой, осуществляемой оператором).

Детальный анализ структуры деятельности является предпосылкой определения принципов построения информационной модели.

В больших системах управления обычно принимают участие группы людей. Поэтому данные, полученные при изучении отдельных индивидов, часто оказываются недостаточными. Перед инженерной психологией возникает проблема групповой деятельности. Исследования, проведенные проф. Ф.Д. Горбовым и его сотрудниками (Горбов, 1964), показали, что многие испытуемые действуют в составе группы иначе, чем в индивидуальном эксперименте, что свидетельствует о невозможности прогноза групповой деятельности на основе изолированного изучения каждого из ее участников. Потребовалось разработать систему специальных тестов для оценки групп. Было введено понятие «психофизиологической совместимости операторов», выражающее возможность взаимных действий, и разработана условная шкала ее количественной оценки.

Последовательно увеличивая трудности задач, можно проследить динамику обучения группы.

Эксперименты показывают, что в группе складывается определенная субординация ее членов («лидеры» и «ведомые»).

Вопрос о групповой деятельности имеет большое значение для решения задач организации взаимодействия операторов в системах управления. Так, наблюдения за действиями двух летчиков в аварийных ситуациях показали, что их исход зависит от того, как организованно их взаимодействие. В случае, если старший («более медленный») имел своим помощником быстрого и решительного человека, легко возникала конфликтная ситуация с вмешательством младшего в управление и попыткой навязать свою линию поведения. Исход аварийной ситуации в ряде случаев был связан со степенью внушаемости одного из операторов.

На основании анализа групповой деятельности в плане инженерной психологии решаются задачи оптимального пространственного расположения ее членов и организации их рабочих мест.

**Проблема надежности операторов.** Совершенно очевидно, что обеспечить высокую надежность систем управления без учета особенностей деятельности человека невозможно. Вместе с тем такой учет является очень трудной задачей. Если применить

существующие методы оценки надежности к человеку, то создается впечатление, что он является весьма ненадежным звеном системы «человек — машина». Действительно, человек не способен длительное время безошибочно выполнять ту или иную работу, быстро утомляется, легко отвлекается; его поведение, подверженное влиянию очень многих факторов, зачастую предсказать невозможно.

Вместе с тем человек значительно лучше по сравнению с любой машиной может справляться с неожиданностями; он способен предвидеть ход событий, находить оптимальные решения в сложных ситуациях, перестраивать способ деятельности в новых условиях. В целях повышения надежности разработчики стремятся включить в системы управления человека.

Складывается противоречивое представление, которое можно было бы определить как «парадокс о надежности человека-оператора»; с одной стороны, человек — менее надежен по сравнению с машиной, а с другой, наоборот — более надежен.

В инженерно-психологических исследованиях наметилось несколько подходов к изучению надежности человека-оператора. Одни исследователи рассматривают причины отказов в работе оператора, т.е. такие моменты его деятельности, которые определяют ненадежность. Вопрос формулируется так: почему человек — даже при благоприятных условиях — не может работать со 100%-ной надежностью. Отказы делятся на закономерные (так называемая «систематическая ошибка» человека) и случайные (которые не могут быть объяснены какой-либо видимой причиной). Изучение случайных отказов заставляет обратить внимание на стохастический характер деятельности человека (Бобнева, 1965).

В других исследованиях, напротив, на первый план выдвигается вопрос о факторах, обеспечивающих надежную работу оператора даже при неблагоприятных условиях. Речь идет о высокой пластичности поведения человека, о его резервах и механизмах компенсации нарушенных или затрудненных функций (Ананьев, 1963; Асратян, Симонов, 1963). В этой связи интересны данные о соотношении точности и устойчивости в действиях человека. Исследования ряда авторов показали, что индекс



устойчивости действий человека весьма высок; в затрудненных условиях может уменьшиться точность действий, однако общая стратегия поведения сохраняется в течение длительного времени. Человек как бы «жертвует» точностью ради устойчивости (Козеренко, 1965).

Некоторые исследователи считают, что ядром проблемы надежности является проблема работоспособности, по существу обе они приравниваются друг к другу (Точиллов, 1964). В этой связи тщательно изучается динамика работоспособности, характеристики основных ее фаз, их переходы и соотношения между продуктивностью работы, возможностями организма в данный момент и уровнем эмоционально-волевого напряжения на каждой фазе (Ломов, 1963). Как показывают эксперименты, динамика изменений разных функций в процессе работы различна (Виноградов, 1958; Ломов, 1963). Общая закономерность состоит в том, что под влиянием работы показатели функций, активных в данной деятельности, понижаются, а неактивных повышаются. Этим объясняется тот факт, что чередование различных видов деятельности (так называемый «активный отдых») в определенных условиях является более мощным средством восстановления работоспособности, чем полный покой («пассивный отдых»). По-видимому, неравномерность изменений различных функций создает условия для их частичной взаимокompенсации в ходе самой работы, обеспечивая тем самым длительное сохранение устойчивости действий.

Следующий подход к проблеме надежности человека-оператора состоит в изучении специфики психической регуляции его деятельности (Веккер, 1964; Ломов, 1963). Утверждается, что регуляторами действия являются различные формы психического отражения: перцептивные образы, представления, концептуальные модели. Их особенности и определяют высокую адекватность поведения человека окружающим условиям. Так, структурность и целостность перцептивного образа обеспечивают известную «свободу» в выборе маршрута и последовательности рабочих движений, а значит и их адаптивность. Из обобщенности и панорамности представлений вытекает

возможность варьирования приемов работы и переноса действий из одних условий в другие.

Наконец, еще одним из подходов к рассматриваемой проблеме является изучение индивидуально-типологических свойств людей (Небылицин, 1964). Как показали исследования, работоспособность человека и его «помехоустойчивость» (способность работать концентрированно в условиях отвлекающих воздействий) имеют общее основание в одном из капитальных свойств нервной системы, а именно в ее силе. Подвижность и уравновешенность нервных процессов также накладывает определенный отпечаток на деятельность человека, проявляясь в ее адаптивности и пластичности.

В связи с изучением индивидуально-типологических свойств возникает задача отбора операторов с целью повышения надежности систем «человек — машина».

Все перечисленные подходы к проблеме надежности оператора имеют свои рациональные зерна. Однако каждый из них затрагивает лишь какой-либо один аспект этой проблемы. Дело будущего — систематизировать и обобщить данные, накопленные в каждом из перечисленных направлений, создать единую теорию надежности человека и разработать критерии ее оценки.

Таковы вкратце основные проблемы инженерной психологии. Конечно, приведенная их характеристика схематична и не очерчивает всего круга ведущихся исследований.

В заключение важно подчеркнуть, что связь психологии и техники является взаимной. С одной стороны психологическая теория проверяется в процессе конструирования и эксплуатации новых машин, с другой, прогресс в изучении психических явлений открывает новые возможности для решения технических задач.

## ЛИТЕРАТУРА

*Ананьев Б.Г.* Психология чувственного познания. М.: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1960.

*Ананьев Б.Г.* Билатеральное регулирование как механизм поведения // Вопросы психологии. 1963. № 5. С. 83-98.

- Ананьев Б.Г., Веккер Л.М., Ломов Б.Ф., Ярмоленко А.В.* Осязание в процессах познания и труда. М.: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1959.
- Асратян Э.А., Симонов П.В.* Надежность мозга. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963.
- Бернштейн Н.А.* Проект переустройства рабочего места московского вагоновожатого (2-я редакция проекта) // Психотехника и психофизиология труда. 1929. № 1. С. 21-30.
- Бобнева М.И.* К проблеме надежности человека (о закономерных и случайных отказах в работе оператора) // Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. Материалы конференции «Проблемы инженерной психологии» (23-26 июня 1964 г.) / Под ред. Б.Ф. Ломова, В.П. Зинченко. Л.: [б.и.], 1965. С. 7-14.
- Бушурова В.Е.* К вопросу о восприятии векторного изображения скорости // Проблемы общей и инженерной психологии / Отв. ред. Б.Г. Ананьев, Б.Ф. Ломов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1964. С. 39-48.
- Бушурова В.Е., Тутушкина М.К.* К вопросу о восприятии и опознании знаковой индикации // Проблемы общей и инженерной психологии / Отв. ред. Б.Г. Ананьев, Б.Ф. Ломов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1964. С. 71-79.
- Веккер Л.М.* Восприятие и основы его моделирования. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1964.
- Веккер Л.М., Сурков Е.Н.* К сравнительной характеристике сенсорных компонентов деятельности оператора в различных системах управления // Проблемы общей и инженерной психологии / Отв. ред. Б.Г. Ананьев, Б.Ф. Ломов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1964. С. 109-119.
- Виноградов М.И.* Физиология трудовых процессов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1958.
- Водлозеров В.М.* Экспериментальное исследование действий человека-оператора, работающего в режиме слежения. Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата педагогических наук (по психологии): 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1965. 18 с.
- Геллерштейн С.Г., Иттин А.Г.* Психологический анализ профессии наборщика // Гигиена труда. 1923. № 12. С. 32-66.
- Горбов Ф.Д.* Индивидуум и группа в экспериментальной групповой психологии // Проблемы инженерной психологии. Вып. 1 / Под ред. Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1964. С. 41-42.

- Дмитриева М.А.* Психологический анализ деятельности авиадиспетчера // Проблемы общей и инженерной психологии / Отв. ред. Б.Г. Ананьев, Б.Ф. Ломов. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1964. С. 100-108.
- Завалишина Д.Н., Пушкин В.Н.* О механизмах оперативного мышления // Вопросы психологии. 1964. № 3. С. 87-100.
- Зараковский Г.М.* Опыт психофизиологического анализа управляющей работы человека на основе составления логических схем алгоритма рабочего процесса // Доклады АПН РСФСР. 1962. № 4.
- Зимкин Н.В.* Психофизиологическая оценка шкал на циферблатах авиаприборов // Труды ЦЛАМ ГВФ. Т. II. Вопросы авиационной гигиены. М., 1937. С. 297-302.
- Инженерная психология / Под ред. А.Н. Леонтьева, В.П. Зинченко, Д.Ю. Панова. М.: Изд-во Московского университета, 1964.
- Козеренко О.П.* К вопросу о взаимоотношении точности и устойчивости в «живых системах» (на примере статистической адаптации) // Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. Материалы конференции «Проблемы инженерной психологии» (23-26 июня 1964 г.) / Под ред. Б.Ф. Ломова и В.П. Зинченко. Л.: [б.и.], 1965. С. 14-17.
- Крылов А.А.* Исследование читаемости цифровых и стрелочных контрольно-измерительных приборов. Автореф. дис. ... к. пед. наук (по психологии): 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1963. 27 с.
- Левиева С.Н.* Зависимость эффективности действий оператора от соотношения направлений движения индикатора и органа управления. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1963.
- Ломов Б.Ф.* Человек и техника: очерки инженерной психологии. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1963.
- Ломов Б.Ф.* О некоторых критериях оценки сигналов, передающих информацию человеку-оператору // Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. Материалы конференции «Проблемы инженерной психологии» (23-26 июня 1964 г.) / Под ред. Б.Ф. Ломова, В.П. Зинченко. Л.: [б.и.], 1965. С. 134-145.
- Ломов Б.Ф., Левиева С.Н.* Исследование деятельности человека-оператора в режиме слежения // Вопросы психологии. 1965. № 1. С. 165-175.
- Луцких И.М.* Аудирование речевых сообщений на фоне белого шума. Автореф. дис. ... к. пед. наук (по психологии) 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1965. 18 с.

- Ляпунов А.А., Шестопап Г.А.* Об алгоритмическом описании процессов управления // Математическое просвещение. 1957. № 2. С. 81-95.
- Небылицын В.Д.* Надежность работы оператора в сложной системе управления // Инженерная психология / Под ред. А.Н. Леонтьева, В.П. Зинченко, Д.Ю. Панова. М.: Изд-во Московского университета, 1964. С. 358-367.
- Невельский П.Б.* Объем памяти и количество информации // Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. Психология памяти / Под ред. П.И. Зинченко, В.П. Зинченко и Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1965. С. 19-118.
- Паужайте С.А.* О соотношении сенсорного моторного полей в регулировочных реакциях. Автореф. дис. ... к. пед. наук (по психологии): 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1965. 14 с.
- Платонов К.К.* Психология летного труда. М.: Воениздат, 1960.
- Платонов К.К., Михайловский Г.* Внедрение рабочих стульев на автозаводе им. Молотова // Гигиена труда и техника безопасности. 1934. № 3. С. 81-84.
- Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. Материалы конференции «Проблемы инженерной психологии» (23-26 июня 1964 г.) / Под ред. Б.Ф. Ломова, В.П. Зинченко. Л.: [б.и.], 1965а.
- Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. Психология памяти / Под ред. П.И. Зинченко, В.П. Зинченко, Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1965б.
- Пушкин В.Н.* Некоторые вопросы управления производственным процессом на железнодорожном транспорте // Вопросы психологии. 1959. № 3. С. 66-77.
- Репкина Г.В.* Исследование оперативной памяти // Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. Психология памяти / Под ред. П.И. Зинченко, В.П. Зинченко, Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1965. С. 118-165.
- Розе Н.А.* Микродвижения пальцев рук в различных трудовых действиях. Автореф. дис. ... к. пед. наук (по психологии): 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1964. 15 с.
- Рыжкова Н.И.* О некоторых способах кодирования информации // Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. Психология памяти / Под ред. П.И. Зинченко, В.П. Зинченко, Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1965. С. 165-175.
- Теплов Б.М.* Проблемы индивидуальных различий. М.: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1961.
- Точилон К.С.* К проблеме надежности (работоспособности) человека в системах управления // Проблемы инженерной психологии. Вып. 1 / Под ред. Б.Ф. Ломова. Л.: [б.и.], 1964. С. 14-15.

- Тутушкина М.К.* К проблеме оптимального кодирования информации, передаваемой человеку: экспериментальное исследование на материале знаковой индикации. Автореф. дис. ... к. пед. наук: 13.00.00 / Ленинградский государственный университет им. А.А. Жданова. Л.: [б.и.], 1965. 18 с.
- Эшле Н.А.* Влияние формы циферблатов и стрелок на восприятие показаний приборов // Труды ЦЛЛАМ ГВФ. Т. II. Вопросы авиационной гигиены. М.: [б.и.], 1937. С. 23-36.
- Committee on Undersea Warfare. Survey report on human factors in undersea warfare. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1949.
- Adams J.A.* Human tracking behavior // Psychological Bulletin. 1961. Vol. 58. № 1. P. 55-79. DOI:10.1037/h0041559.
- Chapanis A., Garner W.R., Morgan C.T.* Applied experimental psychology. Human factors in engineering design. New York: John Wiley & Sons, 1961.
- Geldard F.A.* Cutaneous channels of communication // Sensory communication / Ed. W.A. Rosenblith. Cambridge, MA: MIT Press, 1961. P. 73-87.
- Human engineering guide to equipment design / Ed. A. Chapanis, J.S. Cook, M.W. Lund, C.T. Morgan. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963.
- McCormick E.J.* Human engineering. New York: McGraw-Hill Book Company, 1957.
- Miller G.A.* The magical number seven, plus or minus two: some limits on capacity for processing information // Readings in perception. Princeton, NJ: Van Nostrand, 1958. P. 90-114.
- Poulton E.C.* Perceptual anticipation in tracking with two-pointer and one-pointer displays // British journal of psychology. 1952. Vol. 43. № 3. P. 222-229.
- Troxel D.E.* Tactile communication: Ph.D. Thesis. Cambridge, MA: MIT Press, 1962.
- Welford A.T.* On the human demands of automation, mental work, conceptual model, satisfaction and training // Proceedings of the XIV International congress of applied psychology (August 13-19, 1961). Vol. 5. Industrial and business psychology. Copenhagen: Munksgaard, 1962. P. 182-194.

## MAIN PROBLEMS OF ENGINEERING PSYCHOLOGY

© 2022 Boris F. Lomov

*Dean of the Faculty of Psychology of the Leningrad State University named after A.A. Zhdanov*

This B.F. Lomov's article<sup>8</sup> is devoted to a detailed consideration of the main problems of engineering psychology. These include the problems of transferring information to a human operator, control actions of a human operator, operational thinking, the memory of a human operator, activities of a human operator in control and management systems, and reliability of a human operator. B.F. Lomov examines in detail the content of these problems and gives examples of engineering and psychological studies of Soviet and foreign psychologists in the 1950s-1960s. The problem of transmitting information to a human operator includes psychophysiological (correlation between a physical signal and sensory systems), information-theoretic (assessment of the maximum amount of information perceived and processed by a person per unit of time) and psychological (study of mental processes involved in information processing) aspects. The study of the control actions of a human operator includes the identification of the mechanisms of mental regulation of working movements. The aspects of operational thinking include the solution of practical problems and the subsequent construction of a model of the proposed set of actions that ensure the achievement of the goal. The problem of memory functioning in the activity of the operator is manifested in the study of the regularities of the operative memory itself, which ensures the execution of current tasks. The analysis of the activity of a human operator in control and management systems consists in its algorithmic description and identification of the characteristics of building information models of tasks and objects. The problem of reliability of operators involves the study of the causes of failures in work, factors of reliable work in adverse conditions, features of working capacity, the specifics of mental regulation of activity and individual typological properties of a person. All of the listed areas of engineering-psychological research constitute a complex of problems of the "man-machine" system.

*Keywords:* engineering psychology, information transfer and processing, operational thinking, operative memory, reliability of operator, "man-machine" system.

---

<sup>8</sup> The abstract and keywords for the article were compiled by A.A. Kostrigin.

## REFERENCES

- Ananiev, B.G. (1960). *Psikhologiya Chuvstvennogo Poznaniya* [*Psychology of Sensory Cognition*]. Moscow: Akad. ped. nauk RSFSR Publ. (in Russian).
- Ananiev, B.G. (1963). Bilateral'noe regulirovanie kak mekhanizm povedeniya [Bilateral regulation as a mechanism of behavior]. *Voprosy Psikhologii* [*Issues of Psychology*], 5, 83-98. (in Russian).
- Ananiev, B.G., Vekker, L.M., Lomov, B.F. & Yarmolenko, A.V. (1959). *Osyazanie v Protsessakh Poznaniya i Truda* [*Touch in the Processes of Cognition and Labor*]. Moscow: Akad. ped. nauk RSFSR Publ. (in Russian).
- Asratyan, E.A. & Simonov, P.V. (1963). *Nadezhnost' Mozga* [*Brain Reliability*]. Moscow: Akad. nauk SSSR Publ. (in Russian).
- Bernshtein, N.A. (1929). Proekt pereustroistva rabochego mesta moskovskogo vagonovozhatogo (2-ya redaktsiya proekta) [The project of the reconstruction of the workplace of the Moscow car driver (2nd edition of the project)]. *Psikhotekhnika i Psikhofiziologiya Truda* [*Psychotechnics and Psychophysiology of Labor*], 1, 21-30. (in Russian).
- Bobneva, M.I. (1965). K probleme nadezhnosti cheloveka (o zakonomernykh i sluchainykh otkazakh v rabote operatora) [To the problem of human reliability (regular and random failures in the work of the operator)]. Proceedings from Problems of Engineering Psychology: *Konferentsiya (23-26 iyunya 1964 goda.) - Conference (June 23-26, 1964)*. B.F. Lomov, V.P. Zinchenko (Eds.). (pp. 7-14). Leningrad. (in Russian).
- Bushurova, V.E. (1964). K voprosu o vospriyatii vektornogo izobrazheniya skorosti [To the question of the perception of the vector image of speed]. *Problemy Obshchei i Inzhenernoi Psikhologii* [*Problems of General and Engineering Psychology*]. B.G. Ananiev, B.F. Lomov (Eds.). (pp. 39-48). Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).
- Bushurova, V.E. & Tutushkina, M.K. (1964). K voprosu o vospriyatii i opoznanii znakovoi indikatsii [To the question of the perception and recognition of sign indication]. *Problemy Obshchei i Inzhenernoi Psikhologii* [*Problems of General and Engineering Psychology*]. B.G. Ananiev, B.F. Lomov (Eds.). (pp. 71-79). Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).
- Vekker, L.M. (1964). *Vospriyatie i Osnovy Ego Modelirovaniya* [*Perception and Bases of its Modeling*]. Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).
- Vekker, L.M. & Surkov, E.N. (1964). K sravnitel'noi kharakteristike sensorykh komponentov deyatel'nosti operatora v razlichnykh sistemakh upravleniya [To the comparative characteristic of the sensory components of the operator's activity in various control systems]. *Problemy Obshchei i Inzhenernoi Psikhologii* [*Problems of General*



*and Engineering Psychology*]. B.G. Ananiev, B.F. Lomov (Eds.). (pp. 109-119). Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).

- Vinogradov, M.I. (1958). *Fiziologiya Trudovykh Protsssov* [*Physiology of Labor Processes*]. Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).
- Vodlozerov, V.M. (1965). Eksperimental'noe Issledovanie Deistvii Cheloveka-Operatora, Rabotayushchego v Rezhime Slezheniya [Experimental Study of the Actions of a Human-Operator Working in the Tracking Mode]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).
- Gellershtein, S.G. & Ittin, A.G. (1923). Psikhologicheskii analiz professii naborshchika [Psychological analysis of the type-setting profession]. *Gigiena Truda* [*Hygiene of Labour*], 12, 32-66. (in Russian).
- Gorbov, F.D. (1964). Individuum i gruppy v eksperimental'noi gruppovoi psikhologii [Individual and group in experimental group psychology]. *Problemy Inzhenernoi Psikhologii. Vyp. 1* [*Problems of Engineering Psychology. Issue 1*]. B.F. Lomov (Ed.). (pp. 41-42). Leningrad. (in Russian).
- Dmitrieva, M.A. (1964). Psikhologicheskii analiz deyatel'nosti aviadispatchera [Psychological analysis of the activity of an air traffic controller]. *Problemy Obshchei i Inzhenernoi Psikhologii* [*Problems of General and Engineering Psychology*]. B.G. Ananiev, B.F. Lomov (eds.). (pp. 100-108). Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).
- Zavalishina, D.N. & Pushkin, V.N. (1964). O mekhanizмах operativnogo myshleniya [On the mechanisms of operational thinking]. *Voprosy Psikhologii* [*Issues of Psychology*], 3, 87-100. (in Russian).
- Zarakovskii, G.M. (1962). Opyt psikhofiziologicheskogo analiza upravlyayushchei raboty cheloveka na osnove sostavleniya logicheskikh skhem algoritma rabocheho protsessa [Experience of psychophysiological analysis of human control work based on the compilation of logical schemes of the workflow algorithm]. *Doklady APN RSFSR* [*Reports of the APN of the RSFSR*], 4. (in Russian).
- Zimkin, N.V. (1937). Psikhofiziologicheskaya otsenka shkal na tsiferblatakh aviapriborov [Psychophysiological assessment of the scales on the dials of aircraft instruments]. *Trudy TsLAM GVF. T. II. Voprosy Aviatsionnoi Gigieny* [*Proceedings of the TsLAM GVF. Vol. II. Issues of Aviation Hygiene*]. (pp. 297-302). Moscow. (in Russian).
- Leontiev, A.N., Zinchenko, V.P. & Panov, D.Yu. (Eds.). (1964). *Inzhenernaya Psikhologiya* [*Engineering Psychology*]. Moscow: Moscow University Publ. (in Russian).
- Kozerenko, O.P. (1965). K voprosu o vzaimootnoshenii tochnosti i ustoichivosti v "zhivyykh sistemakh" (na primere statisticheskoi adaptatsii) [To the question of the relationship

between accuracy and stability in “living systems” (on the example of statistical adaptation)]. Proceedings from Problems of Engineering Psychology: *Konferentsiya (23-26 iyunya 1964 hoda.) - Conference (June 23-26, 1964)*. B.F. Lomov, V.P. Zinchenko (Eds.). (pp. 14-17). Leningrad. (in Russian).

Krylov, A.A. (1963). Issledovanie Chitaemosti Tsifrovyykh i Strelochnyykh Kontrol'no-Izmeritel'nykh Priborov [Study of the Readability of Digital and Pointer Instrumentation]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).

Levieva, S.N. (1963). *Zavisimost' Effektivnosti Deistvii Operatora ot Sootnosheniya Napravlenii Dvizheniya Indikatora i Organa Upravleniya* [The Dependence of the Efficiency of the Operator's Actions on the Ratio of the Directions of Movement of the Indicator and the Control]. Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).

Lomov, B.F. (1963). *Chelovek i Tekhnika: Ocherki Inzhenernoi Psikhologii* [Man and Technology: Essays on Engineering Psychology]. Leningrad: Leningrad University Publ. (in Russian).

Lomov, B.F. (1965). O nekotorykh kriteriyakh otsenki signalov, peredayushchikh informatsiyu cheloveku-operatoru [On some criteria for evaluating signals that transmit information to a human operator]. Proceedings from Problems of Engineering Psychology: *Konferentsiya (23-26 iyunya 1964 hoda.) - Conference (June 23-26, 1964)*. B.F. Lomov, V.P. Zinchenko (Eds.). (pp. 134-145). Leningrad. (in Russian).

Lomov, B.F. & Levieva, S.N. (1965). Issledovanie deyatel'nosti cheloveka-operatora v rezhime slezheniya [Study of the activity of a human operator in the tracking mode]. *Voprosy Psikhologii* [Issues of Psychology], 1, 165-175. (in Russian).

Lushchikhina, I.M. (1965). Audirovanie Rechevykh Soobshchenii na Fone Belogo Shuma [Listening to Speech Messages against the Background of White Noise]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).

Lyapunov, A.A. & Shestopal, G.A. (1957). Ob algoritmicheskom opisanii protsessov upravleniya [On the algorithmic description of control processes]. *Matematicheskoe Prosveshchenie* [Mathematical Education], 2, 81-95. (in Russian).

Nebylitsyn, V.D. (1964). Nadezhnost' raboty operatora v slozhnoi sisteme upravleniya [Reliability of the operator's work in a complex control system]. *Inzhenernaya Psikhologiya* [Engineering Psychology]. A.N. Leontiev, V.P. Zinchenko, & D.Yu. Panov (Eds.). (pp. 358-367). Moscow: Moscow University Publ. (in Russian).

Nevelskii, P.B. (1965). Ob'em pamyati i kolichestvo informatsii [The amount of memory and the amount of information]. *Problemy Inzhenernoi Psikhologii. Vyp. 3. Psikhologiya pamyati* [Problems of Engineering Psychology. Issue 3. Psychology of Memory]. P.I. Zinchenko, V.P. Zinchenko, & B.F. Lomov (Eds.). (pp. 19-118). Leningrad. (in Russian).

- Pauzhaite, S.A. (1965). O Sootnoshenii Sensorogo Motornogo Polei v regulirovochnykh reaktsiyakh [On the Ratio of Sensory Motor Fields in Regulatory Reactions]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).
- Platonov, K.K. (1960). *Psikhologiya Letnogo Truda* [Psychology of Flight Work]. Moscow: Voenizdat Publ. (in Russian).
- Platonov, K.K. & Mikhailovskii, G. (1934). Vnedrenie rabochikh stul'ev na avtozavode im. Molotova [The introduction of work chairs at the Molotov automobile plant]. *Gigiena Truda i Tekhnika Bezopasnosti* [Hygiene of Labor and Safety], 3, 81-84. (in Russian).
- Lomov, B.F. & Zinchenko, V.P. (Eds.). (1965). *Proceedings from Problems of Engineering Psychology: Konferentsiya (23-26 iyunya 1964 hoda.) - Conference (June 23-26, 1964)*. Leningrad. (in Russian).
- Zinchenko, P.I., Zinchenko, V.P. & Lomov, B.F. (Eds.). (1965). *Problemy Inzhenernoii Psikhologii. Vyp. 3. Psikhologiya pamyati* [Problems of Engineering Psychology. Issue 3. Psychology of Memory]. Leningrad. (in Russian).
- Pushkin, V.N. (1959). Nekotorye voprosy upravleniya proizvodstvennym protsessom na zheleznodorozhnom transporte [Some questions of production process management in railway transport]. *Voprosy Psikhologii* [Issues of Psychology], 3, 66-77. (in Russian).
- Repkina, G.V. (1965). Issledovanie operativnoi pamyati [The study of operative memory]. *Problemy Inzhenernoii Psikhologii. Vyp. 3. Psikhologiya pamyati* [Problems of Engineering Psychology. Issue 3. Psychology of Memory]. P.I. Zinchenko, V.P. Zinchenko, B.F. Lomov (Eds.). (pp. 118-165). Leningrad. (in Russian).
- Roze, N.A. (1964). Mikrodvizheniya Pal'tsev Ruk v Razlichnykh Trudovykh Deistviyakh [Micromovements of the Fingers in Various Labor Actions]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).
- Ryzhkova, N.I. (1965). O nekotorykh sposobakh kodirovaniya informatsii [On some ways of encoding information]. *Problemy Inzhenernoii Psikhologii. Vyp. 3. Psikhologiya pamyati* [Problems of Engineering Psychology. Issue 3. Psychology of Memory]. P.I. Zinchenko, V.P. Zinchenko, B.F. Lomov (Eds.). (pp. 165-175). Leningrad. (in Russian).
- Teplov, B.M. (1961). *Problemy Individual'nykh Razlichii* [Problems of Individual Differences]. Moscow: Akad. ped. nauk RSFSR Publ. (in Russian).
- Tochilov, K.S. (1964). K probleme nadezhnosti (rabotosposobnosti) cheloveka v sistemakh upravleniya [To the problem of reliability (operability) of a person in control systems]. *Problemy Inzhenernoii Psikhologii. Vyp. 1* [Problems of Engineering Psychology. Issue 1]. B.F. Lomov (Ed.). (pp. 14-15). Leningrad. (in Russian).

- Tutushkina, M.K. (1965). К Probleme Optimal'nogo Kodirovaniya Informatsii, Peredavaemoi Cheloveku: Eksperimental'noe Issledovanie na Materiale Znakovoi Indikatsii [On the Problem of Optimal Coding of Information Transmitted to a Person: An Experimental Study on the Material of Dign Indication]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Leningrad. (in Russian).
- Ерпле, N.A. (1937). Vliyanie formy tsiferblatov i strelok na vospriyatie pokazanii priborov [Influence of the Shape of Dials and Arrows on the Perception of Instrument Readings]. *Trudy TsLAM GVF. T. II. Voprosy Aviatsionnoi Gigieny* [Proceedings of the TsLAM GVF. Vol. II. Issues of Aviation Hygiene]. (pp. 23-36). Moscow. (in Russian).
- Committee on Undersea Warfare. *Survey report on human factors in undersea warfare*. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1949.
- Adams, J.A. (1961). Human tracking behavior. *Psychological Bulletin*, 58(1), 55-79. DOI:10.1037/h0041559.
- Chapanis, A., Garner, W.R. & Morgan, C.T. (1961). *Applied Experimental Psychology. Human Factors in Engineering Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Geldard, F.A. (1961). Cutaneous channels of communication. *Sensory Communication* W.A. Rosenblith (Ed.). (pp. 73-87). Cambridge, MA: MIT Press.
- Chapanis, A., Cook, J.S., Lund, M.W. & Morgan, C.T. (Eds.). (1963). *Human Engineering Guide to Equipment Design*. New York: McGram-Hill Book Company.
- McCormick, E.J. (1957). *Human Engineering*. New York: McGram-Hill Book Company.
- Miller, G.A. (1958). The magical number seven, plus or minus two: some limits on capacity for processing information. *Readings in Perception* (pp. 90-114). Princeton, NJ: Van Nostrand.
- Poulton, E.C. (1952). Perceptual anticipation in tracking with two-pointer and one-pointer displays. *British Journal of Psychology*, 43(3), 222-229.
- Troxel, D.E. (1962). *Tactile Communication. Ph.D. Thesis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Welford, A.T. (1962). On the human demands of automation, mental work, conceptual model, satisfaction and training. *Proceedings of the XIV International Congress of Applied Psychology (August 13-19, 1961). Vol. 5. Industrial and Business Psychology* (pp. 182-194). Copenhagen: Munksgaard.

The article was received: 08.02.2022. Published online: 04.04.2022

Библиографическая ссылка на статью:

Ломов Б.Ф. Основные проблемы инженерной психологии // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2022. Т. 7. № 1. С. 226 - 262.  
DOI: 10.38098/ipran.opwp\_2022\_22\_1\_011

Lomov, B.F. (2022). Osnovnye problemy inzhenernoj psihologii [Main problems of engineering psychology].  
*Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya Truda*  
[*Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor*], 7(1), 226- 262. DOI: 10.38098/ipran.opwp\_2022\_22\_1\_011

Адрес статьи: <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document770.pdf>