

Б.Ф. Ломов

Справочник по инженерной психологии

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 159.9
ББК 88
Б11

Б11 **Б.Ф. Ломов**
Справочник по инженерной психологии / Б.Ф. Ломов – М.: Книга по Требованию, 2023. – 368 с.

ISBN 978-5-458-36444-7

Представлен справочный материал по основным проблемам инженерной психологии. Рассматриваются инженерно-психологические характеристики оператора, определяющие эффективность и надёжность его работы с техническими устройствами, требования по проектированию и эксплуатации систем "человек-машина" и методы оценки степени учёта инженерно-психологических требований. Приводятся сведения по учёту этих требований при организации труда операторов, а также некоторые антропометрические, физиологические и другие сведения. Предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и эксплуатацией машин и оборудования, работающих с участием человека.

ISBN 978-5-458-36444-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АХ — антропометрические характеристики
ВК — вычислительный комплекс
ЗСИ — знаковосинтезирующие индикаторы
ИПО — инженерно-психологическая оценка
ИПП — инженерно-психологическое проектирование
ИПТ — инженерно-психологическое требование
КА — командный аппарат
КЧСМ — критическая частота слияния мельканий
ОУ — органы управления
РМ — рабочее место
СОИ — средства отображения информации
СЧМ — система «человек—машина»
УК — устройства коммутации
УО — управляемый объект
ЦНС — центральная нервная система
ЦПМ — цифропечатающий механизм
ЭД — эксплуатационная документация
ОИ — органы индикации

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

1. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

XXVI съезд КПСС, наметивший новые рубежи коммунистического строительства, подчеркнул необходимость наиболее рационального использования материальных и трудовых ресурсов, повышения производительности общественного труда. Эффективное решение этой задачи требует широкого внедрения инженерно-психологических знаний в практику проектирования, производства и эксплуатации современных автоматизированных систем.

Это связано с тем, что в условиях ускорения научно-технического прогресса, возрастания масштабов внедрения новой техники, повышения технического уровня производства трудовая деятельность человека в автоматизированных системах управления становится все более сложной и напряженной. По данным статистики надежность выполнения человеком-оператором все более усложняющихся функций уменьшается. Поэтому увеличение надежности технической части системы теряет смысл, так как надежность всей системы лимитируется надежностью человека, человек становится все менее надежным звеном, даже менее надежным, чем техническая часть современных систем. Но ни один инженер не будет совершенствовать какую-либо часть, элемент системы, если надежность другого ниже.

Поэтому решение задач, поставленных XXVI съездом КПСС перед советской наукой и техникой, выдвигает задачу проектирования не только одной техники, машин, а проектирования целостной системы «человек—машина».

Внедрения инженерно-психологических знаний в практику требует также важнейшее указание XXVI съезда КПСС: «Осуществить глубокие преобразования в важнейшей сфере жизнедеятельности людей — в труде, улучшить и облегчить его условия, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы...» («Правда», 5 марта 1981 г.).

Основами инженерной психологии должен овладеть каждый инженер, каждый организатор производства, так как развитие современного производства на научной основе, проектирование и эксплуатация техники, организация труда требуют учета психологических и других особенностей человека, обслуживающего современную технику.

Современные системы условно можно разбить на два больших класса: технологические и организационные. В системах первого класса человек с помощью технических средств управляет производственными агрегатами и процессами, транспортными средствами и другими машинами. Человек в таких системах выполняет функции оператора. В организационных системах человек, используя технические средства для выработки решений, управляет коллективами людей. Деятельность человека в таких системах носит управленческий характер.

Управление современными машинами связано не столько с физическими, сколько с умственными нагрузками. Основными функциями человека на производстве все более становятся программирование работы машин, управление ими и контроль. Они связаны с необходимостью переработки больших потоков информации и принятия решений.

В связи с развитием техники возможности человека расширяются, но техника становится настолько сложной, что начинают возникать трудности в управлении. Появляется задача согласования конструкций машин с психологическими и физиологическими характеристиками человека. Как бы ни была совершенна техника, ее эффективное применение в конечном итоге зависит от деятельности людей, управляющих этой техникой. Поэтому и возникает необходимость изучения работы машин и деятельности операторов в единой системе «человек—машина» (СЧМ).

Проблема взаимодействия человека и современной техники (проблема «человек—машина») превратилась в одну из основных проблем современной науки. Эта проблема имеет много аспектов. Важнейший из них связан с изучением процессов информационного взаимодействия человека и технических устройств.

Инженерная психология и есть та научная дисциплина, которая изучает объективные закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники для использования их в практике проектирования, создания и эксплуатации СЧМ. Инженерная психология рассматривает деятельность человека и функционирование машины во взаимосвязи. При этом подчеркивается ведущая роль человека. Нельзя правильно понять отношение «человек—машина», не рассматривая человека как субъекта, а машину — как орудие труда. Любая машина, любые технические устройства являются лишь средствами для осуществления трудового процесса и создаются для использования их человеком.

Как самостоятельная наука инженерная психология начала формироваться в 40-е годы нашего века. Ее развитие как науки прошло ряд этапов — от накопления и анализа данных о человеческом факторе для оптимизации отдельных технических средств контроля и управления до системного подхода к проектированию и эксплуатации сложных человеко-машинных комплексов, какими являются современные производственные объекты.

Как психологическая наука инженерная психология изучает психические процессы и свойства человека, выясняя, какие требования к техническим устройствам вытекают из особенностей человеческой деятельности, т. е. решает задачу приспособления техники и условий труда к человеку.

Как техническая наука инженерная психология изучает принципы проектирования систем с учетом психологических и физиологических особенностей человека.

Для более конкретного рассмотрения этих задач обратимся к структурной схеме СЧМ (рис. 1). Любые изменения в состоянии управляемого объекта УО поступают в информационно-логические, вычислительные и другие устройства, обеспечивающие заданную степень автоматизации управления. После соответствующей обработки информация о состоянии УО предъявляется человеку-оператору на средствах отображения информации (индикаторах). Следовательно, оператор воспринимает не непосредственно состояние УО, а некоторый имитирующий его образ (отображение), называемый информационной моделью. Под информационной моделью понимается множество сигналов, несущих

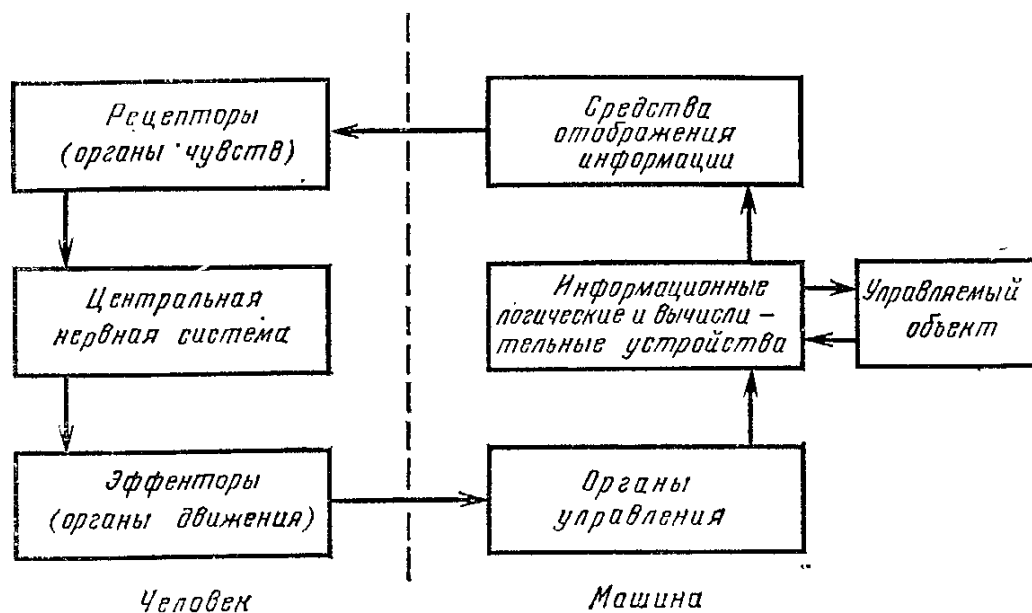


Рис. 1. Структурная схема СЧМ

оператору информацию об управляемом объекте и организованных в соответствии с определенной системой правил.

Информационная модель с необходимой полнотой и точностью должна отображать состояние управляемого объекта. Кроме того, она должна соответствовать возможностям оператора по приему и переработке информации, его психологическим качествам. На основе восприятия информационной модели в сознании оператора формируется образ состояния УО (представление о реальном объекте, отображаемом в информационной модели), который обычно называют оперативным образом, или концептуальной моделью (от английского слова *concept* — понятие, представление).

Эта модель сравнивается с некоторым эталоном, хранящимся в памяти оператора и отражающим требуемое состояние УО. В результате сравнения сформированного оперативного образа с эталоном оператор принимает решение по управлению УО. Принятое решение реализуется органами движения или речи (эффе́кторами), с их помощью производится воздействие на органы управления, т. е. происходит ввод командной информации в информационно-логические и вычислительные устройства, в результате чего осуществляется необходимое преобразование состояния УО. На этом заканчивается один цикл регулирования, под которым понимается промежуток времени от момента изменения состояния УО до момента перевода его в новое (требуемое) состояние.

Основные задачи инженерной психологии:

анализ функций человека в СЧМ, изучение структуры и классификация деятельности оператора;

изучение процессов преобразования информации человеком-оператором (преобразование информации человеком включает четыре основных этапа: прием информации, переработка принятой информации, принятие решения, осуществление управляющих воздействий);

разработка принципов построения рабочих мест операторов;

изучение влияния психологических факторов на эффективность СЧМ;

разработка принципов и методов профессиональной подготовки операторов в СЧМ (профессиональная подготовка операторов включает профессиональный отбор, обучение, тренировку, формирование профессионального коллектива и управление им);

инженерно-психологическое проектирование и оценка СЧМ, эта задача является обобщающей: при ее решении используются результаты, полученные при решении всех предыдущих задач.

2. СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК—МАШИНА»

Система «человек—машина» есть система, состоящая из человека-оператора (группы операторов) и машины (технических устройств), посредством которой оператор осуществляет трудовую деятельность (ГОСТ 21033—75).

Под человеком-оператором понимается человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой посредством информационной модели и органов управления.

Основу классификации СЧМ (рис. 2) составляют четыре группы признаков — целевое назначение системы, характеристики человеческого звена, тип и структура машинного звена и тип взаимодействия компонентов системы.

Целевое назначение СЧМ оказывает определяющее влияние на многие ее характеристики и поэтому является исходным.

По целевому назначению можно выделить классы систем:

управляющие, в которых основной задачей человека является управление машиной (комплексом);

обслуживающие, в которых задачей человека является контроль состояния машинной системы, поиск неисправностей и т. п.;

обучающие, служащие для выработки у человека определенных навыков;

информационные, обеспечивающие поиск, накопление или получение необходимой для человека информации;

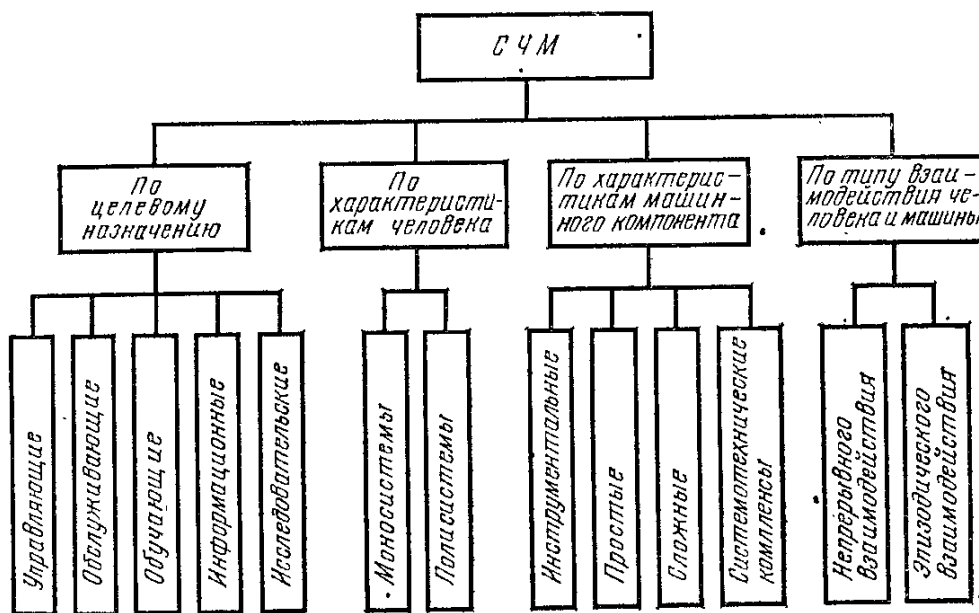


Рис. 2. Классификация СЧМ

исследовательские, используемые при анализе тех или иных явлений.

Особенность управляющих и обслуживающих систем заключается в том, что объектом целенаправленных воздействий в них является машинный компонент СЧМ. В обучающих и информационных системах воздействие направлено на человека. В исследовательских системах объектами воздействия служат и человек и машина.

По характеристикам человеческого звена СЧМ делятся на:

моносистемы, в состав которых входит один человек и одно или несколько технических устройств;

полисистемы, в состав которых входит некоторый коллектив людей и взаимодействующий с ним комплекс технических устройств.

Полисистемы можно подразделить на паритетные и иерархические (многоуровневые). В первом случае в процессе взаимодействия людей с машинными компонентами между членами коллектива нет подчиненности и приоритетности. В иерархических СЧМ устанавливается организационная или приоритетная иерархия взаимодействия людей с техникой.

Сложные СЧМ помимо человека используют совокупность технологически связанных, но различных по своему функциональному назначению устройств и машин, предназначенных для производства определенного продукта.

Системотехнические комплексы являются более сложным типом СЧМ и представляют собой техническую систему с неполностью детерминированными связями и коллектив людей, участвующих в ее использовании.

Деятельность человека-оператора есть процесс достижения поставленных перед СЧМ целей, состоящий из упорядоченной совокупности выполняемых им действий. Под действием человека понимается функциональный элемент его деятельности, имеющий осознаваемую цель (ГОСТ 21033—75). Деятельность оператора может носить самый разнообразный характер. Несмотря на это, в общем виде ее можно представить состоящей из четырех основных этапов (табл. 1).

Первые два этапа в совокупности называют информационным поиском: они включают восприятие информации и ее оценку. Вторые два этапа называют обслуживанием (реализацией): на этих этапах происходит осмысливание принятой информации, принятие решения и его выполнение.

При организации операторской деятельности особого внимания заслуживают выявление и классификация факторов, влияющих на ее эффективность. Все факторы делятся на две большие группы: зависящие от оператора (его состояние, индивидуальные особенности, уровень подготовленности и т. д.) и не зависящие от него (факторы рабочей среды, организация деятельности, внешний информационный поток и т. д.). Правильный учет этих факторов позволяет предусмотреть систему мероприятий по оптимизации операторской деятельности.

Различают несколько типов операторской деятельности, классифицируемых в зависимости от основной функции, выполняемой человеком-оператором, и удельного веса образного, понятийного, сенсомоторного компонентов, включенных в операторскую деятельность.

1. Оператор-технолог. Непосредственно включен в технологический процесс, работает в основном в режиме немедленного обслуживания, совершает преимущественно исполнительные действия, руководствуясь четко регламентирующими действия инструкциями, содержащими, как правило, полный набор ситуаций и решений. Это — опера-

Т а б л и ц а 1

Этапы деятельности человека-оператора

Этапы	Содержание этапа	Выполняемые действия	Влияющие факторы
Прием информации	Формирование перцептивного (чувственного) образа	Обнаружение — выделяется объект из фона Различение — раздельное восприятие двух объектов, расположенных рядом, либо выделение деталей Опознавание — выделение и классификация существенных признаков объекта	Сложность воспринимаемого сигнала, вид и число индикаторов, организация информационного поля, размеры изображений, их физические и технические характеристики
Оценка и переработка информации	Формирование оперативного образа	Сопоставление заданных и текущих параметров (режимов) СЧМ Анализ и обобщение информации	Способы кодирования, степень сложности информационной модели, объем отображения, динамика смены информации
Принятие решения	Формирование последовательности целесообразных действий для достижения цели на основе преобразования исходной информации	Поиск, выделение, классификация и обобщение информации о проблемной ситуации Построение текущих образов с рядом оперативных концептуальных моделей Сопоставление текущих образов с рядом эталонов и оценка сходства между ними Коррекция моделей Выбор эталонной гипотезы или построение ее Принятие принципа и программы действий	Тип решаемой задачи, число и сложность проверяемых логических условий, сложность алгоритма и число возможных вариантов решения
Реализация принятого решения	Использование выходных «каналов» человека: двигательного (моторного) или речевого	Перекодирование принятого решения в машинный код Поиск нужного органа управления Движение руки к органу управления и манипуляция с ним	Число и тип органов управления, их характеристики (размер, форма и т. п.), совместимость двигательных операций, компоновка рабочего места, характеристика окружающей среды и др.

торы технологических процессов, автоматических линий, операторы, выполняющие функции формального перекодирования и передачи информации.

2. Оператор-манипулятор. Основную роль в его деятельности играют механизмы сенсомоторной регуляции и в меньшей степени — понятийного и образного мышления. К числу функций оператора-манипулятора относится управление манипуляторами, роботами, машинами, усилителями.

3. Оператор-наблюдатель, контролер. Это классический тип оператора (оператор радиолокационной станции, диспетчер транспортной системы). Для данного типа деятельности характерны большие объемы информационный и концептуальных моделей. Он может работать в режиме как немедленного, так и отсроченного обслуживания. Такой вид деятельности является массовым для операторов технических систем, работающих в реальном масштабе времени.

4. Оператор-исследователь. В значительно меньшей степени в его деятельности используются аппарат понятийного мышления, хотя он заложены в образно-концептуальных моделях. Числа умений и навыков играют для него еще меньшую роль, а вес дифференциальных моделей, напротив, существенно увеличивается. К этой категории операторов относятся исследователи любого профиля, пользователи сложных технических систем, дешифровщики объектов (изображений и т.д.).

5. Оператор-руководитель. Он управляет техническими компонентами системы или машины, а другими лицами. Управление осуществляется как непосредственно, так и опосредованно — через технические средства и каналы связи. К этой категории операторов относятся организаторы, руководители различных уровней, лица, принимающие ответственные решения, обладающие соответствующими знаниями, опытом, тактом, волей, навыками принятия решения и интуицией. Операторы-руководители в своей деятельности должны учитывать не только возможности и ограничения машинных компонентов системы, но и в полной мере особенности подчиненных — их возможности и ограничения, состояния и настроения. Основной режим деятельности оператора-руководителя — оперативное мышление. Выделение типов операторской деятельности намечает общие пути согласования средств деятельности с возможностями человека для существующих видов операторских профессий. Системное изучение структуры каждого типа деятельности создает возможность проектировать ряд важных характеристик только еще создаваемых видов трудовой деятельности.

Эффективность работы СЧМ зависит от того, как распределены функции между человеком и машиной. Для этого необходимо сравнить характеристики машины и человека. Соответствующие данные приведены в табл. 2.

При сравнении машины и человека следует учитывать способность человека объединять отдельные сигналы в целостную структуру, что позволяет находить наиболее экономные способы ее переработки, приема. Способы приема информации машиной ограничены, а методы переработки информации фиксированы, и разнообразие этих методов значительно уступает тем, которые использует человек. При всех прочих равных условиях надежность аппаратуры с высоким уровнем автоматизации быстро ухудшается в эксплуатационных условиях. Поэтому целесообразно предусмотреть в системе дополнительные или «страховочные» функции, выполняемые человеком.

Сравнение функциональных характеристик человека и машины

Характеристика	Человек	Машина
Способность интегрировать разнообразные элементы в единую систему	Есть	В ограниченных случаях
Способность к предвидению событий внешнего мира	»	Нет
Возможность решения нечетко сформулированных задач	»	»
Возможность к распознаванию ситуаций внешнего мира	»	»
Способность ориентироваться во времени и в пространстве	»	»
Способность самонаблюдения	»	»
Диапазон гибкости способов переработки информации	Безграничен	Ограничен
Тип решаемых проблем	Общий	Частный
Возможность создания «абстрактных образов внешнего мира»	Есть	Нет
Способность генерировать идеи	»	»
Способность работать в непредвиденных ситуациях	Может	»
Способность к повышению своих возможностей	Есть	»
Продолжительность работы (без перерывов)	Незначительная	Продолжительная
Точность и скорость вычислений	Малая	Большая
Реакция «стимул—ответ»	Медленная и нестабильная	Быстрая и стабильная
Способность к фильтрации информации	Высокая	Низкая
Способность использовать избыточную информацию	Есть	Нет
Число одновременно воспринимаемой и перерабатываемой информации	Невелико	Велико
Способность к перекодированию информации	Есть	Очень ограничена
Способность к проверке	Плохая	Хорошая
Чувствительность	В широких пределах	В заданных пределах
Способность к обучению	Хорошая	Плохая
Способность к обобщению	Есть	Нет
Гибкость	Высокая	Ограниченная

3. МЕТОДЫ И ПОНЯТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Раскроем некоторые психологические понятия, необходимые инженерам для понимания текста справочника.

Операторская деятельность — специфический вид трудовой деятельности, возникший на определенной ступени развития техники и производства в целом. Психологический анализ деятельности предполагает рассмотрение ее как сложного, многомерного и многоуровневого, динамически развивающегося явления.

Дадим более полную характеристику «психологических составляющих» деятельности.

Всякая деятельность исходит из определенных *мотивов* и направлена на достижение определенных *целей*. Отношение «мотив—цель» — это своего рода «вектор», задающий ее направленность и интенсивность.

В общем смысле мотив — это то, что побуждает человека к деятельности, а цель — то, чего он стремится достигнуть в процессе ее выполнения. Основой мотива является *потребность* человека, т. е. объективная необходимость — его нужда в веществе, энергии, информации. В потребностях заключаются «пружины» человеческой деятельности. Мотив — это форма их субъективного отражения. Сформированный *вектор «мотив—цель»* реализуется в деятельности; осуществленная деятельность (достигнутая цель) создает возможность «перевода» этого вектора на новый уровень и т. д. В этом движении развиваются способности человека, его интересы, склонности, морально-волевые качества, профессиональное мастерство, т. е. личность в целом.

Цель как бы связывает социально-психологические и процессуальные аспекты деятельности. Цель как регулятор деятельности — это идеальный, или мысленно представляемый, ее результат: то, чего еще реально нет, но что должно быть получено в итоге деятельности. Для оператора цель его деятельности выступает как образ (в широком смысле) того состояния объекта, в которое его нужно перевести. Являясь идеальным представлением конечного результата деятельности, *образ-цель* выступает как предпосылка, определяющая ее начало.

Формирование образа-цели связано с опережающим отражением, целеполаганием, прогнозированием, предвидением изменений как объекта управления, так и окружающей среды. *Предвидение* относят к опережающему отражению объективного хода событий, взятых как бы безотносительно к субъекту, который выступает в роли наблюдателя. *Целеполагание* характеризует опережающее отражение, включенное в деятельность субъекта: цель выступает как опережающее отражение будущего результата этой деятельности.

Достижение цели, получение результата — это обычно не моментный акт, а длительный процесс. Цель как бы разворачивается в систему частных задач, каждая из которых реализуется путем выполнения действия. Поэтому деятельность может быть описана как система сменяющих друг друга действий. Действия, доведенные до совершенства, выполняемые легко, быстро, с наивысшим результатом и наименьшим напряжением, как бы автоматически, называют *навыками*. *Умение* — это сложное психическое образование, включающее систему навыков и систему знаний.

Чтобы преобразовать предмет труда в продукт, человек должен не только представлять себе будущее состояние этого предмета, но и получать *текущую информацию* о его изменениях в процессе преобразования. Прием информации осуществляется как процесс, имеющий по крайней мере два уровня. Первый — это восприятие физических явлений, выступающих в роли носителей информации (показания приборов и пр.). Второй — декодирование воспринятых сигналов и формирование на этой основе *концептуальной модели* — «умственной картины» управляемого процесса и условий, в которых этот процесс протекает. При этом органы чувств человека (анализаторы), посредством которых воспринимаются поступающие сигналы, функционируют как единая система. Концептуальная модель выступает как динамический синтез воспринимаемой информации и информации, извлекаемой из памяти. Концептуальная модель — это обычно представление не отдельного объекта, а целой ситуации.

Принятие решений входит в любую деятельность и может относиться и ко всей деятельности в целом, и к отдельным действиям или даже его компонентам. Процесс принятия решения включает выявление проблемной ситуации, мысленное выдвижение вариантов решения