**Тема 14. Принципы проектирования систем "человек - машина"**

14.1. Возникновение и структура инженерно-психологического проектирования

14.2. Содержание работ по учету человеческого фактора на различных стадиях проектирования

14.3. Общие инженерно-психологические требования к проектированию систем "человек - машина"

14.4. Возможные методы решения отдельных задач инженерно-психологического проектирования

**14.1. Возникновение и структура инженерно-психологического проектирования**

История развития техники в зависимости от способа учета человеческого фактора при проектировании, взглядов на место человека в проектируемой системе знает два различных подхода к проектированию.

Первый подход связан с развитием традиционного *технического проектирования.* Оно заключается в разработке отдельно взятых технических устройств без учета их взаимной связи. Особенности работы человека учитываются лишь интуитивно. Такой подход был возможен, пока техника была сравнительно проста. Такой подход существовал до 40-х годов.

На смену ему пришел новый подход, связанный с *системотехническим проектированием.* При таком подходе объектом проектирования являются не отдельные устройства, а единая техническая система с учетом всех взаимосвязей и взаимного влияния отдельных устройств друг на друга. Особенностью данного проектирования является то, что в нем специально был поставлен вопрос об учете человеческого фактора. Объектом проектирования является не просто техническая система, а единый комплекс "человек - машина".

Проектирование системы при таком подходе состоит из трех основных частей: технического, художественного и инженерно-психологического. Техническое проектирование заключается в разработке технической части системы. Художественное проектирование необходимо для обеспечения требуемых потребительских свойств системы: красоты, привлекательности и др. Оно предполагает учет свойств эмоционально-мотивационной сферы человека, создание у него определенного эстетического отношения к продукту проектирования.

Инженерно - психологическое проектирование заключается в решении всех вопросов, связанных с включением человека в проектируемую систему. Задачами являются: создание проекта деятельности человека, согласование, стыковка технического и "человеческого" проектов и создание на основе этого обобщенного проекта системы "человек - машина".

Проектирование начинается с анализа задач, которые должна решать система. Затем - распределение функций между человеком и техникой по решению этих задач. Оптимизация должна осуществляться по обобщенному критерию.

После того, как определены исполнители (человек или техника), для каждой из задач проводится проектирование групповой деятельности - распределение функций между отдельными операторами. Должны быть определены типы и количество рабочих мест, необходимые информационные связи между отдельными операторами.

После этого следует собственно проектирование деятельности оператора. Этот этап условно можно разделить на две фазы: проектирование внутренних средств деятельности оператора (требования к психофизиологическим характеристикам человека) и проектирование технических средств его деятельности (общая компоновка рабочего места).

Последний этап проектирования - инженерно - психологическая оценка проекта и сравнение полученных результатов с требуемым техническим заданием на систему. Оценке подлежат основные характеристики СЧМ (надежность, быстродействие, стоимость и др.), условия работы персонала, конструкция системы и особенности организации рабочих мест операторов. Данный этап представляет собой циклический процесс. Цикличность заключается в необходимости решения всех перечисленных задач на каждой из стадий. При этом на каждой последующей стадии разработанный проект уточняется и улучшается. Следовательно, в ходе проектирования осуществляется последовательная оптимизация проекта СЧМ.

**14.2. Содержание работ по учету человеческого фактора на различных стадиях проектирования**

Основными вопросами учета человеческого фактора, подлежащими согласованию, являются:

- эксплуатационная надежность системы в различных режимах с учетом работы операторов;

- количество и функции операторов, предполагаемый уровень их подготовки и сроки обучения, условия их работы;

- принципы построения, тип и требования к техническим средствам подготовки операторов;

- порядок испытаний и оценки соответствия выполненных работ по учету человеческого фактора.

Уже на этапе *проектирования* необходимо провести предварительное определение требований к операторам, прежде всего к тем психофизиологическим характеристикам, которыми они должны обладать, и требуемой степени их квалификации.

На стадии *эскизного проектирования* продолжается процесс предварительного проектирования деятельности операторов. Это заключается в разработке рациональных методов и способов выполнения ими своих функций, определении характера и режима их работы. Заканчивается эта стадия уточнением требований к психофизиологическим характеристикам операторов, обоснованием методик их отбора и обучения.

На стадии *технического проектирования* обычно появляется возможность более обоснованного распределения функций между человеком и техникой, а также отдельными операторами.

После этого проектируются с подробной детализацией средства взаимодействия операторов с технической частью системы на всех рабочих местах. При необходимости целесообразно изготовить макет рабочего места.

На этой стадии следует приступить к разработке программы и методик испытаний и инженерно - психологической оценки проектируемой системы. Обратить внимание на оценку работы операторов - определению временных затрат, вероятного числа ошибок при выполнении каждой функции, степени и характера загрузки оператора, его производительности, реальных и предельно допустимых норм деятельности.

С помощью разработанных методик можно провести испытания на макете рабочего места. На этой же стадии проектирования обычно разрабатываются проекты технического описания и инструкции по эксплуатации системы.

Заканчивается техническое проектирование оценкой пропускной способности системы и аналитическим расчетом надежности, точности, быстродействия и эффективности системы "человек - машина".

*Рабочее проектирование* начинается с разработки методических указаний на конструирование аппаратуры в соответствии с общими инженерно - психологическими требованиями. Здесь же обычно осуществляется изготовление опытного образца аппаратуры и намечаются программы испытаний с целью проверки соответствия его характеристик требованиям учета человеческого фактора.

После того как будут разработаны необходимые программы и методики, можно приступить к *проверке опытного образца* на соответствие техническим требованиям.

Анализ данных позволяет вскрыть имеющиеся недоработки и учесть их при модернизации данной системы и проектировании новых систем.

**14.3. Общие инженерно-психологические требования к проектированию систем "человек - машина"**

В результате проектирования необходимо обеспечить заданные характеристики (надежность, точность, быстродействие и др.) всей системы "человек - машина", соблюдение оптимальных и предельно допустимых норм деятельности оператора.

При выборе способа, формы и характера представления информации оператору необходимо учитывать возможности органов восприятия и другие психофизиологические характеристики человека.

Система при необходимости должна иметь встроенные устройства контроля работоспособности оператора, научно обоснованное распределение функций между человеком и техникой, а также между отдельными операторами.

При разработке технических средств одновременно должны решаться и вопросы согласования индикаторов и органов управления с характеристиками человека.

При проектировании любого компонента рабочего места следует учитывать принципы: принцип функциональной организации, значимости, последовательности, частоты использования, удобства и безопасности эксплуатации, ремонтопригодности и др.

**14.4. Возможные методы решения отдельных задач инженерно-психологического проектирования**

Исходной фазой проектирования является анализ объекта управления, его статистических и динамических характеристик, возможных потоков информации. Там, где это возможно, такой анализ можно проводить на объекте, являющемся прототипом проектируемого.

Если прототипа не имеется, то для проведения анализа может быть построена математическая модель функционирования объекта управления и деятельности оператора по управлению им.

В основе построения моделей, описывающих поведение объекта управления и воздействие на него оператора, может использоваться различный математический аппарат. Наибольшее распространение в инженерной психологии получили методы *теории информации, массового обслуживания, автоматического регулирования.*

В простейших случаях для реализации модели применяются аналитические методы, в более сложных случаях ее реализация осуществляется методом статистического моделирования с использованием ЭВМ. В результате решения модели определяются возможные и допустимые характеристики поведения объекта управления.

После получения представления об общем характере поведения объекта управления и результатах воздействия на него оператора можно приступать к решению задачи распределения функций между человеком и техническими устройствами.

На ранних этапах проектирования основное применение находит качественный метод, согласно которому распределение функций между человеком и техникой производится в соответствии с преимущественными возможностями каждого из них.

На поздних этапах проектирования могут быть применены более точные количественные методы распределения функций.

Каждый элемент функциональной структуры может быть реализован с помощью различных технических устройств или человеком - оператором. Задача распределения функций состоит в том, чтобы для заданной функциональной структуры подобрать такой вариант реализации отдельных блоков, который делает эффективность системы максимальной.

Рассмотренный метод распределения функций не является единственно возможным. Кроме него существуют и другие. Интересный метод, основанный на применении экспертных оценок, предложен Харьковским филиалом. Сущность его заключается в следующем.

Экспертная комиссия, в состав которой входят высококвалифицированные специалисты (конструкторы, технологи, инженеры), производит отбор параметров технологического процесса, которые необходимы, по ее мнению, оператору для управления последним. Эти параметры подлежат выводу на информационную модель. Для каждого из них определяются следующие показатели: ранг, приоритет, частота использования при управлении технологическим процессом, требуемые средства реализации данного параметра. За окончательное решение принимаются среднеарифметические значения оценок отдельных экспертов. В результате проведения этой работы определяется перечень задач, решаемых оператором при управлении производственным процессом.

Следующей задачей ИПП (инженерно - психологического проектирования) является распределение функций между отдельными операторами. Исходя из возможной структуры процесса управления и особенностей групповой деятельности, выбирается приемлемая структура группы. При выборе следует стремиться к упрощению структуры, но при этом следить, чтобы не допустить перегрузки оператора. Также необходимо проверить величину коэффициентов взаимного влияния и обеспечить их допустимые значения. Затем определяется положение лидера и ведомых в группе и формулируются основные требования к ним. В итоге определяется необходимое количество рабочих мест, их иерархия, необходимые информационные связи между отдельными операторами и возможные методы технической реализации этих связей.

Определив роль и место оператора в проектируемой системе, можно приступить к обоснованию тех технических средств, с которыми предстоит работать оператору. Производится компоновка рабочего места оператора и выбирается архитектурно - планировочное решение интерьера пункта управления.

Как правило, окончательный вариант построения рабочего места получается не сразу. Проектирование деятельности должно включать в себя решение следующих задач:

- разработка алгоритма деятельности оператора, проверка возможности своевременного и точного выполнения разработанного алгоритма;

- определение требований к психофизиологическим характеристикам оператора, степени их обученности и профессиональной пригодности;

- разработка рекомендаций по формированию у операторов требуемых качеств;

- разработка методов и устройств контроля за деятельностью оператора; разработка методов и устройств для проведения тренировок.

В ходе проектирования должны быть также разработаны средства контроля за деятельностью операторов. Этот контроль может осуществляться в двух направлениях. Во-первых, это контроль результатов работы оператора, т.е. контроль направленности и своевременности выполнения предписанного ему алгоритма. Во-вторых, необходимо контролировать и внутреннее, психофизиологическое состояние оператора в процессе работы, т.е. нужно определить то напряжение, которое испытывает оператор во время работы.

Только системный подход к решению задач проектирования может обеспечить высокие значения показателей функционирования СЧМ.