

О НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТОРА В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Е. А. МИЛЕРЯН

(Институт психологии УССР, Киев)

Бурный научно-технический прогресс во всех областях промышленного производства, строительства, транспорта, энергетики, сельского хозяйства и военной техники выдвинул на первый план проблему надежности работы специалистов, осуществляющих программирование, управление, налаживание и контролирование сложных автоматизированных систем. Экспериментальное изучение этой проблемы (Алджер [8], К. М. Гуревич [1], Б. Ф. Ломов [2], Е. А. Милерян [4], [5], Д. А. Ошанин [7] и др.) открыло пути эффективного повышения помехоустойчивости, точности, скорости и других параметров надежности работы человека в системе «человек-машина». Вместе с тем, как справедливо констатирует Б. Ф. Ломов [3], указанная проблема находится еще в начальной стадии своего решения.

Дальнейшее продвижение в этой области связано с отысканием психологических критериев, которые позволили бы создать систему оценок надежности выполнения операторских функций в каждом конкретном системно-техническом комплексе.

Психологическое изучение труда оператора позволяет выделить минимальный, оптимальный и экстремальный режимы работы.

Минимальный режим работы оператора обычно имеет место при управлении нормально работающей, высоко автоматизированной системой. Характерной особенностью этого режима является отсутствие необходимости в осуществлении управляющих воздействий. Безупречная работа автоматов, воздействие монотонности часто приводит к потере бдительности, способствует переходу человека в гипнотическое состояние, в результате чего наблюдается расчленение связей между чувственным восприятием ситуации и ее осмысливанием. Развитие гипнотических состояний сопровождается значительными задержками в принятии решений и осуществлении действий на аварийные сигналы, что создает предпосылки для возникновения отказов, аварий и катастроф. Таким образом, работа в минимальном режиме сопряжена с опасностью частичного, а иногда и полного отказа оператора при выполнении порученных ему функций.

При выполнении операторских функций в оптимальном режиме обычно имеет место нормальная работа автоматических устройств, а человеку приходится следить за текущим состоянием управляемой системы и осуществлять коррекцию и регулирование параметров, обнаруживающих тенденцию к выходу за пределы нормы. Обстановка является привычной, действия, по преимуществу, выполняются в произвольном темпе, автоматически, на уровне навыков. Стереотипное осуществление оператором рабочих действий идет в строго определенном порядке, его мышление носит алгоритмический ха-

раक्टर. Главную роль в деятельности такого рода играют ранее приобретенные оператором навыки, которые осуществляются без напряжения внимания. В оптимальных условиях промежуточные и конечные цели труда достигаются при незначительных нервно-психических затратах. При этом длительно сохраняется работоспособность, отсутствуют грубые нарушения, ошибочные действия, срывы и другие аномалии. Труд в оптимальном режиме характеризуется достаточной надежностью и эффективностью; с работой может справиться каждый специалист, обладающий необходимыми профессиональными знаниями, умениями и навыками.

Управление современной техникой в экстремальных условиях труда резко повышает требования, предъявляемые к интеллектуальной и особенно эмоционально-волевой сфере личности человека. При работе в сложных, ответственных и неожиданных ситуациях на первый план выступают умения, позволяющие работнику успешно достигать в изменяющихся условиях сознательно поставленной, новой для него цели трудовой деятельности путем творческого применения обобщенных способов и методов выполнения работ. Навыки, являясь автоматизированными компонентами умений, продолжают играть важную, однако подчиненную умениям роль. Нормальное выполнение операторских функций в экстремальных условиях осложняется чувством ответственности, возникающим в результате осознания того, что ошибки, промедления, отсрочки и отказы, допущенные оператором, могут повлечь за собой сбои, аварии, катастрофы и другие нежелательные последствия. В экстремальном режиме обычно происходит нарушение привычного режима труда и отдыха человека. В затяжных и тяжелых аварийных ситуациях длительные психические и физические перегрузки достигают пределов, за которыми могут следовать переутомление, нервное истощение и полный срыв деятельности оператора.

Находчивость, сообразительность, выносливость, помехоустойчивость, высокоразвитое чувство долга и ответственности за свои действия являются теми личностными качествами, от которых зависит успешность, надежность и эффективность работы специалиста, управляющего любой технической системой в экстремальных условиях.

Все это свидетельствует о том, что экстремальный режим работы предъявляет к оператору довольно высокие требования, удовлетворять которым может далеко не всякий человек, обладающий необходимой профессиональной подготовкой и выполняющий функции оператора в минимальном и оптимальном режимах работы. «Испытание надежности данного субъекта,— справедливо подчеркивает В. Д. Небылицын,— требует помещения его в экстремальные условия» [6; 361].

Учитывая это обстоятельство, мы и направляли свои усилия на экспериментальное и теоретическое изучение психологии труда человека в экстремальном режиме работы. При этом мы исходили из того, что основным суммарным показателем, характеризующим уровень квалификации и степень работоспособности оператора, является качество его трудовой деятельности, проявляющееся в совершенстве способов выполнения трудовых действий и качестве продуктов труда.

Одним из главных показателей качества работы является надежность: точное, эффективное, своевременное и безотказное на всем протяжении заданного интервала работы, выполнение порученных оператору функций как в оптимальном, так и в экстремальном режимах работы. Таким образом, надежность может быть выражена мерой стабильности оптимального уровня работоспособности в экстремальных условиях труда. При таком подходе появляется возможность количественного измерения степени надежности путем вычисления отношений показателей продуктивности в оптимальном и экстремальном режимах работы. Формулы для определения коэффициента надежности могут быть получены различными путями,

причем для каждого звена структуры операторской деятельности существуют свои показатели надежности. Так, например, надежность функционирования сенсомоторного структурного звена может быть измерена путем вычисления так называемого коэффициента слежения, представляющего собой отношение суммарного времени безошибочных действий к общему времени выполнения программы. В качестве показателя надежности выполнения интеллектуальных функций может выступать процентное отношение ошибочно и правильно осуществленных интеллектуальных операций и т. д.

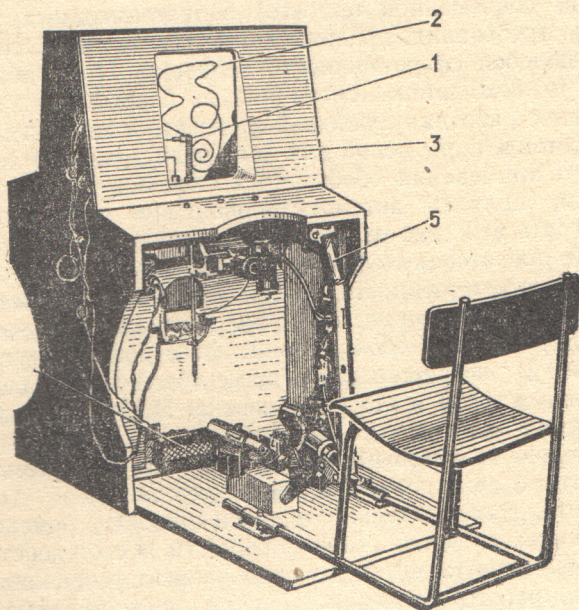


Рис. 1.

Исходя из положений, изложенных в начале этой работы, мы полагаем: 1) методика экспериментального изучения надежности должна моделировать выполнение определенного структурного звена деятельности оператора; 2) исследование должно включать испытания операторов в оптимальном и экстремальном режимах труда; 3) выводы, касающиеся надежности, могут быть сделаны на основе сопоставления объективных показателей продуктивности, характеризующих деятельность, а также поведение испытуемых в различных режимах работы.

Разработанная нами методика исследования строилась на основе учета перечисленных требований и была направлена на изучение надежности выполнения оператором сенсомоторных функций слежения и управления в оптимальном и экстремальном режимах работы.

Эксперименты проводились с помощью специально разработанного аппарата «эмокоординатора», который обеспечивал автоматическое программирование хода испытаний и объективную регистрацию результатов деятельности испытуемых.

Эмокоординатор представляет собой электромеханический аппарат, на лицевой стороне (рис. 1) расположено окно, через которое испытуемый наблюдает за движением управляемого им визира (1) на программном планшете (2). Окно может закрываться заслонкой (3). Дистанционное управление визиром осуществляется с помощью педалей (4) и рычага (5), расположенных перед сидением испытуемого. В передней части аппарата

размещены гнезда, предназначенные для включения электродов, используемых при подаче электрокожных раздражителей. С тыльной стороны аппарата расположен пульт экспериментатора (рис. 2). В его центральной части находится переключатель (16), служащий для регулировки по вольтметру (6) чувствительности органов управления визиром. Над переключателем смонтирован микроамперметр (7), измеряющий силу тока электрокожного раздражителя, требуемое значение которой устанавливается с помощью регулятора (8). Вольтметр (9) служит для индикации скорости движения заслонки, регулируемой с помощью реостата, размещенного над наклонной панелью пульта. Направление движения заслонки можно изменять при помощи тумблера (10). Кнопка (11) служит для установки программирующего устройства в исходное, нулевое положение. В верхней части пульта управления смонтированы счетчики (13, 14, 15), служащие соответственно для отсчета времени выполнения программы, времени слежения и времени, на протяжении которого визир находится за пределами программного контура.

Сущность испытаний на эмокоординометре заключается в том, что испытуемый, манипулируя соответствующими рычагами и педалями аппарата, должен провести визир по заданному криволинейному контуру. Характер деятельности испытуемых схематически моделировал структуру сенсомоторных действий, связанных с управлением самолетом.

Исследование состояло из трех серий опытов. В первой, учебно-тренировочной, серии испытуемые обучались работе на данном аппарате, во второй серии создавались оптимальные условия для выполнения порученных им сенсомоторных функций, и в третьей серии эти функции выполнялись в экстремальном режиме работы.

Определение уровня или коэффициента надежности (R) осуществлялось путем сопоставления показателей, характеризующих эффективность выполнения сенсомоторных функций управления в экстремальных условиях по отношению к этим же показателям в оптимальном режиме труда. В качестве основного критерия эффективности работы нами использовался коэффициент слежения, который определялся путем деления времени, на протяжении которого визир находился в пределах полосы криволинейного контура, на суммарное время, затраченное на выполнение программы. Коэффициент слежения мог изменяться в пределах от 1 до 0.

Соотнося средние значения коэффициентов слежения, полученные в оптимальных и экстремальных условиях эксперимента, мы могли делать заключения о тех сдвигах в надежности деятельности испытуемых, которые возникали вследствие действия стресс-факторов. В качестве последних использовались, во-первых, болезненные удары электротока, автоматически подававшиеся при каждом выходе визира за пределы программного

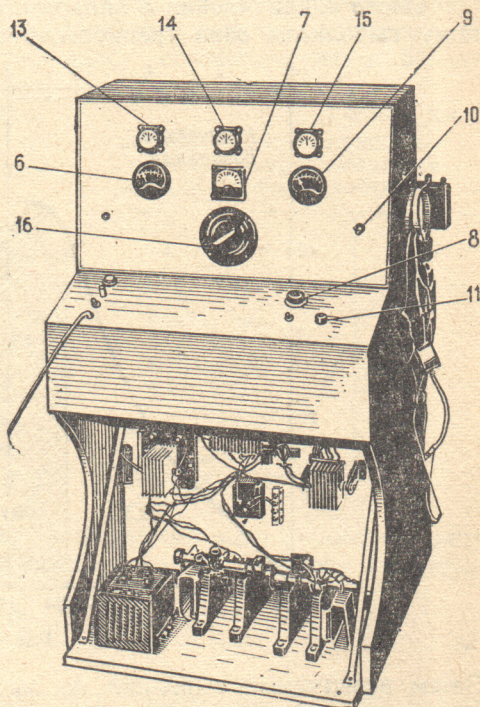


Рис. 2.

контура, и, во-вторых, острое лимитирование времени, отведенного на выполнение заданий. Дефицит времени возникал из-за того, что при несвоевременных действиях испытуемого заслонка закрывала контур, и таким образом создавалась угроза полного срыва выполнения поставленной задачи.

С помощью эмокоординометра нами было исследовано 198 человек, поступавших в одно из высших авиационных училищ. Все испытуемые были заинтересованы в том, чтобы показать во время испытаний на аппарате наилучшие результаты, так как от этого зависело их зачисление в училище.

После ознакомления с аппаратом экспериментатор предлагал испытуемому выполнить одно тренировочное упражнение в замедленном темпе.

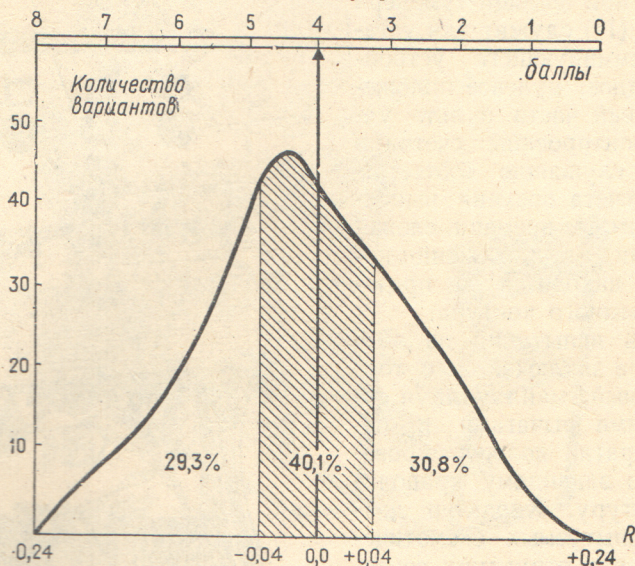


Рис. 3.

Затем испытуемый выполнял по идентичным программам 5 упражнений в оптимальном и 5 упражнений в экстремальном режимах работы. Упражнения, имевшие нечетные номера (1, 3, 5, 7 и 9), выполнялись в оптимальных условиях, в то время как работа в четных упражнениях (2, 4, 6, 8 и 10) производилась в экстремальных условиях.

В протокол эксперимента заносились показания счетчиков, фиксировавших общее время выполнения каждого упражнения, время слежения и ошибочное время.

Выводы в отношении надежности испытуемых делались на основе сопоставления среднего коэффициента слежения $[r(o)]$, полученного при выполнении 5 упражнений в оптимальных условиях, со средним коэффициентом слежения $[r(\varepsilon)]$, взятым по 5 упражнениям в экстремальном режиме работы. Коэффициент надежности вычислялся по формуле

$$R = r(\varepsilon) - r(o) \quad (1)$$

Анализ и обобщение полученных экспериментальных данных, а также построение кривой распределения вариантов R (фиг. 3) позволили разделить наших испытуемых на три основные группы. К первой были отнесены те испытуемые (40,1%), у которых работоспособность при переходе от оптимального к экстремальному режиму работы не претерпевала существенных изменений, а разница между средними значениями коэффициента слежения $[r(\varepsilon) - r(o)]$ находилась в границах $\pm 0,04$ (см. заштрихованную область кривой распределения на рис. 3).

У испытуемых второй группы (29,3%) при воздействии стрессовых факторов всегда наблюдалось резкое снижение работоспособности, вплоть до полного срыва в выполнении заданий, разница средних коэффициентов слежения имела отрицательный знак и по своей абсолютной величине превышала значение 0,04.

Третья группа (30,6%) испытуемых отличалась прогрессивным увеличением работоспособности в стрессовых условиях. У этих испытуемых различия между средними коэффициентами слежения всегда имели положительный знак и по абсолютной величине превышали 0,04.

Проранжировав полученные значения R в порядке возрастания величин от $R = -0,24$ до $R = +0,24$, мы составили таблицу рангов, состоящую из 8 октилей, каждый из которых оценивался соответствующим баллом (табл. 1). В результате мы получили восьмibalльную шкалу, используя которую мы смогли дать в зависимости от величины R оценку в баллах уровня надежности каждого испытуемого в экстремальном режиме работы. Естественно, что такая оценка в нашем эксперименте относится к надежности выполнения только сенсомоторного звена структуры деятельности оператора. Для получения глобальной общеструктурной оценки надежности прежде всего необходимо в ходе специально организованных экспериментов получить шкалы оценок надежности выполнения отдельных функций по всем звеньям деятельности оператора. Далее можно воспользоваться формулой взвешенного среднего арифметического оценок в баллах, выставленных по каждому структурному звену

Т а б л и ц а 1
ШКАЛА ОЦЕНОК НАДЕЖНОСТИ
ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТОРОМ
СЕНСОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ

Значения R	Балл
0,18 и выше	8
0,17 до 0,11	7
0,10 до 0,5	6
0,4 до 0	5
0 до -0,4	4
-0,5 до -0,10	3
-0,11 до -0,17	2
-0,18 и ниже	1

$$W_{(o)} = \frac{K_1 V_1^o + K_2 V_2^o + \dots + K_i V_i^o}{i} \quad (2)$$

где $W(o)$ — общая оценка надежности в баллах, $K_1, K_2 \dots K_i$ — веса основных функций структуры, $v_1^o, v_2^o \dots v_i^o$ — оценка в баллах надежности выполнения оператором каждой из основных его функций, i — количество структурных звеньев.

Дальнейший прогресс в решении рассматриваемой нами проблемы неразрывно связан с разработкой методов определения класса надежности каждой технической системы по отношению к усредненным возможностям управляющего ею человека. В том случае, если бы удалось в одной и той же шкале оценок определить класс технической системы и класс оператора, то тогда мы приблизились бы к выяснению тех условий, при которых обеспечивается оптимальное соответствие индивидуальных качеств специалиста требованиям обслуживаемой им техники. Для примера обратимся к анализу полученных нами экспериментальных данных. Рассматривая представленную на фиг. 3 кривую распределения вариант R , мы находим на оси абсцисс точку с абсциссой «О». Восстановленная в этой точке ордината делит кривую распределения на область положительных значений показателя надежности R и область отрицательных значений R . Таким образом, ордината в точке «О» является границей, отделяющей надежно и ненадежно работающих операторов. Теперь мы можем перейти к построению восьмibalльной шкалы оценок классности данной системы по отношению к усредненным возможностям работающего в ней человека. Для этого весь диапазон вариаций R делится на 8 классов с одинаковым классным интервалом 0,6.

Графически восьмибалльная шкала оценок может быть представлена, как это показано на фиг. 3, в виде разделенного на восемь равных частей отрезка прямой, параллельной оси абсцисс. Совершив операцию совмещения шкалы оценок с кривой распределения вариант, характеризующей надежность выполнения нашими испытуемыми операторских функций, мы получаем возможность оценки классности той технической системы, на которой эти испытания были проведены. Для этого следует продолжить ординату из точки 0 до пересечения ее с номограммой восьмибалльной шкалы оценок. В нашем случае, как это видно на фиг. 3, система, использованная нами в эмокоординометре, получает оценку около 4 баллов.

Общий класс технической системы может быть вычислен по формуле:

$$W_{(s)} = \frac{K_1 V_1^s + K_2 V_2^s + \dots + K_i V_i^s}{i} \quad (3)$$

где $W_{(s)}$ — общая оценка качества технических систем в баллах, $K_1 K_2 \dots K_i$ — веса основных операторских функций, $V_1^s, V_2^s \dots V_i^s$ — оценка в баллах качества основных структурных звеньев системы по отношению к усредненным возможностям операторов, i — количество структурных звеньев системы.

Оценка, характеризующая классность системы по отношению к усредненным возможностям испытанных на ней людей, ориентирует нас в отношении величины проходного балла при испытании операторов. Так, если к числу надежных операторов присоединить и тех, у кого в экстремальных условиях наблюдались незначительные отрицательные сдвиги, не превышающие — 0,04, то ордината, восстановленная в точке — 0,04, разделит кривую (см. фиг. 3) на область «надежных» (70,7%) и область «ненадежных» (29,3%) операторов. Отсюда нетрудно сделать заключение, что при отборе операторов для технической системы 4-го класса проходной балл должен быть не ниже «4» (см. шкалу оценок надежности выполнения сенсомоторных функций).

Естественно полагать, что с увеличением класса технической системы требования, предъявляемые ею к человеку, должны снижаться. Мы осуществили исследование, в котором проверялась надежность работы 89 испытуемых на эмокоординометре с усовершенствованными органами управления и повышенной реактивностью управляемого объекта.

Построив кривую распределения полученных экспериментальных данных и проделав все операции, необходимые для определения классности системы (см. рис. 4), мы пришли к заключению, что в результате усовершенствования конструкции классность нашей технической системы повысилась на один балл и стала равна 5,1, а проходной балл или класс операторов, способных надежно работать на данной системе, стал равным трем.

На основании полученных экспериментальных данных можно считать доказанным существование определенной взаимосвязи между классом системы

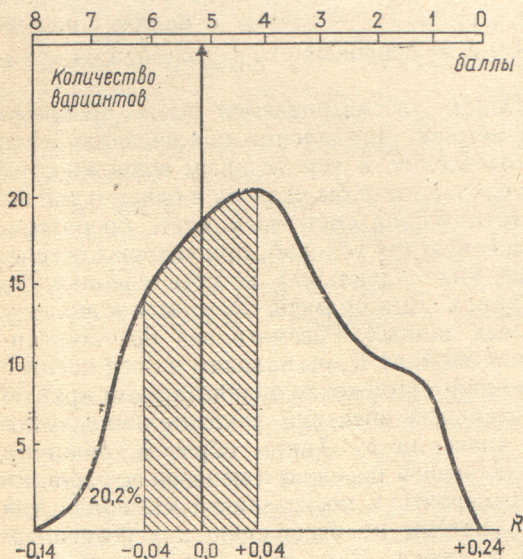


Рис. 4.

и классом обслуживающего ее оператора: чем выше класс системы, тем меньшие требования предъявляет она к человеку и, следовательно, тем большее число людей будет в состоянии надежно и эффективно управлять ею, и, наоборот, чем ниже класс системы, тем выше должен быть класс работающих на ней операторов.

Эта связь может быть выражена следующей общей формулой надежности рассмотренной нами системы «эмокоординметр»

$$W(o) + W(s) > 8 \quad (4),$$

т. е. сумма классов оператора и технической системы должна быть больше 8. При соблюдении этого условия человек будет надежно и эффективно осуществлять управление данным системотехническим комплексом в самых различных условиях и режимах работы.

ВЫВОДЫ

1. Обобщенный целостно-структурный подход к психологическому изучению труда оператора позволяет разработать единую систему относительных оценок квалификации оператора и классности той технической системы, которую они обслуживают, что открывает новые возможности в исследовании проблем надежности труда человека в системотехническом комплексе.

2. Предложенный метод построения системы оценок предполагает проведение на реальной технической системе или ее имитаторе испытаний по каждой из структурных функций в оптимальном и экстремальном режимах работы.

3. Сравнительный анализ показателей эффективности выполнения отдельных функций в экстремальном и оптимальном режимах работы позволяет найти для каждого испытуемого значение показателя надежности (R) выполнения им данной функции в экстремальных условиях работы, который может быть оценен по восьмибалльной шкале. Общая оценка класса оператора может быть произведена путем нахождения взвешенного среднего балла оценок, выставленных за выполнение отдельных структурных функций.

4. По кривым распределения вариант R также определяется классность данной технической системы по каждой из структурных функций. Общий класс технической системы вычисляется по формуле взвешенного среднего арифметического оценок в баллах, присвоенных данной системе по каждой функции в отдельности. (Веса соответствующих функций в формулах класса оператора и класса системы следует брать одинаковыми.)

5. Определение класса системы по отношению к усредненным возможностям управляющего ею человека позволяет находить нижнюю границу проходного балла оператора таким образом, чтобы соблюдалось условие надежной и эффективной работы оператора в данном системотехническом комплексе.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич К. М. и Матвеев В. Ф. О профессиональной пригодности операторов и способах ее определения. Сб. «Вопросы профессиональной пригодности оперативного персонала энергосистем». М., Изд-во «Просвещение», 1966.
2. Ломов Б. Ф. Точность работы оператора и характеристика ошибок. В кн. «Инженерная психология». М., Изд-во МГУ, 1964.
3. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., Изд-во «Советское радио», 1966.
4. Милерян Е. А. Психологические основы надежности труда оператора. Сб. «Надежность комплексных систем «человек-техника». Л. Изд-во ЛДНТП, 1969.
5. Милерян Е. А., Швецов О. П. Общая структура деятельности оператора и некоторые условия ее формирования. «Вопросы психологии», № 4, 1966.

6. Небылицын В. Д. Надежность работы оператора в сложной системе управления. Сб. «Инженерная психология». Изд-во МГУ, 1964.
7. Ошанин Д. А. О психологическом изучении производственных операций. «Вопросы психологии», № 1, 1959.
8. Alger P. Z. The importance of the statistical view point in high production manufacturing. I. Mer. State Assoc., 1941.

ON THE HUMAN-OPERATOR'S RELIABILITY UNDER DIFFERENT WORKING CONDITIONS

E. A. MILLERIAN

Summary

A real possibility of creating the single scale of relative probabilistic values of the level of human-operator's qualification and the class of the technical system they attend was ascertained on the basis of integral-structural all-conditions analysis of operator's labour as a result of theoretical and experimental investigations of the problem of human-operator's reliability in system-technical complexes. The evaluation of the class of a system was carried out with respect to the averaged level of possibilities obtained on a great number of the operators tested at this system. This evaluation not only characterises the level of demands which the given system makes to the human-operators, but also permits a prediction of a norm of failures of insufficiently reliable specialists. It is shown in the investigation that the effective functioning of each system-technical complex may be ensured, provided the sum of points characterizing the class of technical system and the class of the operator attending it will exceed the maximum point of the accepted scale of values.

