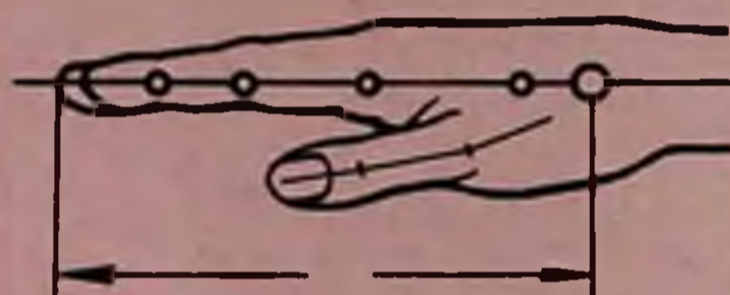
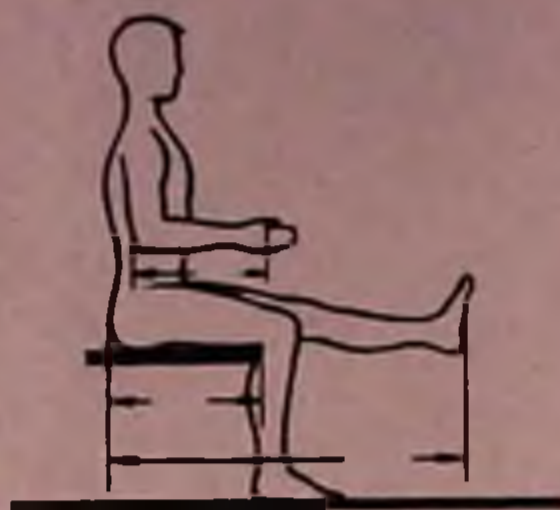


612.76.  
П.901

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭРГОНОМИКА





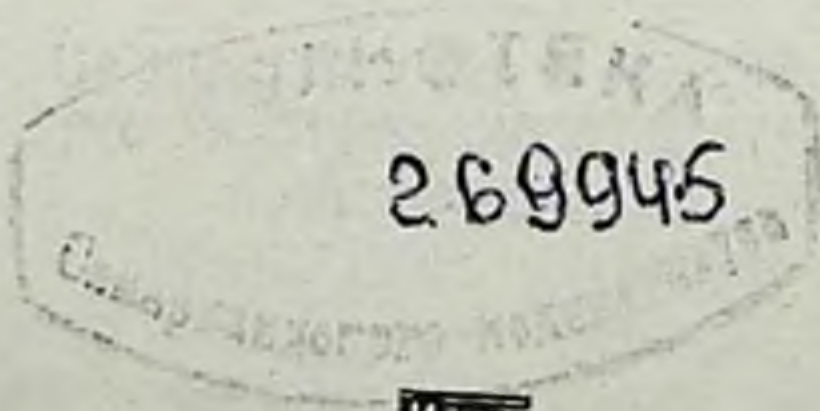
612.76

П 801

АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭРГОНОМИКА

Под редакцией  
С. И. ГОРШКОВА



Москва. Медицина. 1979

*m*

**Авторский коллектив:**

**И. М. ВОЛКОВА, И. А. ГОНЧАРОВ, С. И. ГОРШКОВ,  
А. Н. ЗЕЛЕНКИН, Н. А. КОХАНОВА, Э. Ф. ШАРДАКОВА**

51.24

УДК 612.766.1

**Производственная эргономика / Под ред. С. И. Горшкова. — М.: Медицина, 1979. — 312 с., ил.**

Успешное развитие эргономики обусловлено в значительной степени ее комплексным подходом в изучении системы «человек—машина—производственная среда», предусматривающим анализ многих факторов, характеризующих систему в действии. В производственных условиях комплексное исследование направлено на выявление неблагоприятных факторов и приведение их в соответствие с требованиями эргономики.

В книге «Производственная эргономика» отражены основные этапы развития взаимоотношения человека и техники, задачи эргономики, методы, применяемые в эргономических исследованиях. Проанализированы гигиенические и психофизиологические критерии, которые необходимо учитывать при проектировании производственного оборудования и организации рабочих мест.

В отличие от других монографий, направленных на эргономическое решение вопросов чисто операторских видов труда, в настоящей книге основное внимание уделено соответствию конструкций производственного оборудования анатомо-физиологическим и психологическим возможностям человека в различных отраслях промышленности: машиностроении, трубопрокатном производстве, текстильной промышленности, на конвейерных линиях, в кожгалантерейном производстве и при организации труда операторов-вычислителей.

Монография рассчитана на гигиенистов, профпатологов, физиологов и психологов труда.

В книге 39 таблиц, 85 рис., библиография — 91 название.

For Summary see page 310.

**ИЗДАНИЕ ОДОБРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО К ПЕЧАТИ  
НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКИМ СОВЕТОМ ПРЕЗИДИУМА  
АМН СССР**

Г  $\frac{50200-318}{039/01/-79}$  235/236-79 4104040000

© Издательство «Медицина». Москва. 1979



## ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс, рост автоматизации и механизации производственных процессов, оснащение предприятий новой техникой изменяют характер труда, характер взаимоотношений человека и техники. В результате с каждым годом приобретают все большее значение эргономические исследования, направленные на комплексное изучение условий труда, на совершенствование взаимоотношений в системе «человек — машина — производственная среда».

В речи на XVI съезде профсоюзов тов. Л. И. Брежнев отметил, что техническое перевооружение промышленности партия рассматривает как решающее средство улучшения условий труда, превращения всех производств в безопасные, удобные для человека. Именно такие условия должны быть обеспечены работающему человеку в социалистическом обществе.

Основное содержание эргономики состоит в создании предметной среды, в условиях которой общественно-трудовой процесс происходит, говоря словами Маркса, с наименьшей затратой сил (производителей) и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей.

Выполнение этой задачи возможно лишь при условии создания предметной среды человека, т. е. техники, при опоре на всю систему знаний о человеке, при полном учете его анатомо-физиологических и психологических особенностей. Это означает, что задача эргономики состоит в оптимизации положения человека в системе «человек — машина — производственная среда», в гуманизации техники при достижении соответствия конструкций производственного оборудования и организации рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. Принцип «соответствия», вытекающий из единства субъекта (человек) и объекта (природа, техника) в процессе труда, в све-



те этих данных является основным принципом эргономики.

В настоящее время эргономика в СССР развивается преимущественно в трех направлениях — техническая эстетика, инженерная психология и производственная эргономика. Техническая эстетика получила в нашей стране наибольшее развитие. Ее задачами являются художественное конструирование оборудования и производственная эстетика. Основной задачей инженерной психологии является изучение связи конструкций пультов управления важнейших народнохозяйственных объектов (атомные, гидро- и теплоэлектростанции, аэропорты, энергосистемы и т. д.) с особенностями восприятия и переработки информации операторами. Задачей производственной эргономики является осуществление принципа соответствия конструкций производственного оборудования фабрик, заводов, рудников и других предприятий анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека.

Процесс постепенной замены производственных функций человека средствами техники достиг особой значимости в период современной научно-технической революции. Однако успехи научно-технического прогресса наряду с облегчением тяжести труда и устранением ручного труда нередко создают предпосылки для нарушения принципа «соответствия», причиной чего являются трудности учета анатомо-физиологических и психологических особенностей человека в конструкциях сложного современного оборудования, предъявляющего повышенные требования к психофизиологическим характеристикам человека. В ряде случаев этому способствует недостаточная изученность особенностей человека — его антропометрических характеристик — применительно к вопросам эргономики, силовых и скоростных возможностей, особенностей афферентного синтеза, закономерностей восприятия и переработки информации. В связи с этим при обслуживании многих видов оборудования возникают неудобная рабочая поза, слишком большие усилия и большое количество операций, увеличивается объем перерабатываемой информации. Часто создаются предпосылки для возникновения монотонии и гипокинезии. Привести конструкции производственного оборудования в соответствие с особенностями человека возможно, только зная эти особен-



ности, т. е. учитывая «человеческий фактор» на стадии проектирования и конструирования.

В перспективе эргономика — важный источник повышения надежности, эффективности, экономичности производства. Однако на пути развития эргономики еще много трудностей, особенно методологического характера. В основном они в большей степени связаны не с антропометрическими проблемами организации рабочего места, а с проблемами информационного взаимодействия человека с современной сложной техникой, которые также обсуждаются в монографии.

Материалы, представленные в книге, получены сотрудниками отдела физиологии труда и эргономики Научно-исследовательского института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР при проведении комплексных физиолого-эргономических исследований на соответствующих предприятиях, а также в экспериментальных условиях, когда возникала необходимость моделирования той или иной производственной ситуации.



## **I. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И СУЩНОСТЬ ЭРГОНОМИКИ**

### **Научно-технический прогресс и возникновение эргономики**

За 60 лет в Советском Союзе совершен огромный технический переворот, осуществлена широкая программа технического перевооружения народного хозяйства.

Прогресс науки и техники ныне, как никогда ранее, теснейшим образом связан с социальным прогрессом — они воздействуют друг на друга, ускоряя движение человечества к коммунизму.

Наука играет все возрастающую роль в жизни общества, преобразуя производство, управление, быт. Она все более превращается в непосредственную производительную силу, воплощаясь в новой технике и технологии, в знаниях человека, его способностях и навыках к труду.

На наших глазах в недрах науки родились целые отрасли промышленности, новые виды материального производства. Происходящее на базе достижений современной науки перевооружение всех отраслей народного хозяйства сопровождается ростом производительности и повышением культуры труда.

Научный труд все более проникает в сферу материального производства, в котором в настоящее время наряду с рабочими принимает участие большое число ученых и специалистов. Происходит срастание науки и производства, научного и производительного труда, что ускоряет темпы научно-технического прогресса.

Стимулируя прогресс техники и технологии, наука способствовала все большему оснащению производства новыми, самыми совершенными машинами и механизмами. Достаточно сказать, что только в 1977 г. в СССР создано 4 тыс. образцов новых типов машин, оборудования, аппаратов и приборов по сравнению с 3,6 тыс. в 1976 г. и, кроме того, выпущено 236 тыс. металлоре-



жущих станков, 569 тыс. тракторов, 734 тыс. грузовых автомобилей, 41,5 тыс. экскаваторов и много другого оборудования. Научно-технический прогресс привел к образованию ряда новых отраслей промышленности, таких, как нефтехимическая, электроника, атомная энергетика, производство сверхтвердых, полимерных и других материалов. Генеральным направлением технического прогресса является комплексная автоматизация и механизация производства. В настоящее время в промышленности работает более 60 тыс. механизированных поточных и автоматических линий, свыше 15 тыс. комплексно-механизированных цехов, более 3 тыс. комплексно-механизированных предприятий и ежегодно вводится в действие свыше 6 тыс. поточных и автоматизированных линий.

Разработка теоретических проблем, а также конкретных путей и средств совершенствования управления техникой и технологией, экономическими и социальными процессами является одной из важнейших задач нашей науки.

Исключительно быстрое развитие науки и прогресс техники преобразуют жизнь человека, его быт, отдых и, что особенно важно, его труд. Внедрение достижений науки и техники в производство путем механизации и автоматизации производственных процессов, применение в производстве программных устройств, счетно-решающих и электронно-вычислительных машин и автоматических систем управления (АСУ) изменяют условия и характер труда человека. Все это означает, что современная наука и техника ставит новую социально-философскую проблему соотношения «человек и техника».

В этой проблеме наряду с социально-философским содержанием есть и важные медико-биологические вопросы, которые позволяют рассматривать эту проблему в более узком, медико-биологическом плане, а именно «человек — машина — окружающая среда». В этом наименовании проблемы вместо широкого понятия «техника» стоит более узкое «машина» и, кроме того, добавлено понятие «окружающая среда», тесно связанное с человеком и машиной. Тем самым эта проблема становится в один ряд с проблемами антропологии, физиологии и гигиены труда. Сама «машина» здесь понимается в смысле «конструкция машины», а в сочетании с



человеком и окружающей средой это означает условия труда, удобство обслуживания и управления машиной. Иначе говоря, социально-философская проблема «человек — техника» стала проблемой оптимизации отношений человека и техники или проблемой гуманизации техники. Эта проблема получила специальное наименование эргономика.

Термин «эргономика» в переводе с греческого означает «эргон» — работа, «номос» — закон. В. М. Мунипов (1970) этот термин раскрывает следующим образом: эргономика — наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него оптимальных условий труда, т. е. таких условий, которые, делая труд высокопроизводительным и надежным, в то же время обеспечивают человеку необходимые удобства и сохраняют его силы, здоровье и работоспособность. Несколько иное, но близкое определение дает польский ученый Ян Рознер: эргономика — прикладная наука, целью которой является приспособление труда к физическим и психическим возможностям человека для обеспечения наиболее эффективной работы, которая не создает угрозы здоровью человека и выполняется при минимальной затрате биологических ресурсов (Эргономика, 1971). Основное содержание этих и ряда других определений эргономики сводится к тому, что целью эргономики является гуманизация труда на основе учета функциональных возможностей человека. В век научно-технической революции уже недостаточно изучать какие-то отдельные стороны трудового процесса. Необходимо весь трудовой процесс, т. е. всю производственную систему «человек — машина — среда», оценивать в комплексе, обращая особое внимание на ее главное звено — человека. Б. Ф. Ломов (1966) отмечает, что «только при условии согласования характеристик машины и окружающей среды с характеристиками человека можно рассчитывать на высокую эффективность и надежность трудового процесса и, соответственно, на высокую производительность труда. Гуманизация техники и рабочей среды — вот тот благородный принцип, который провозгласила эргономика».

Если иметь в виду основное положение эргономики — приспособление предметной среды (орудий труда) и окружающих условий к анатомо-физиологическим и



психологическим возможностям человека, то можно полагать, что истоки эргономики уходят в далекое прошлое. Е. Р. Тичауег отмечает, что «эргономика, вероятно, так же стара, как и сам человеческий род». С тех пор как человек начал применять каменные орудия, приспособлявая их к форме своей руки, можно сказать, что с этих пор началось стихийное развитие эргономики. В 1473 г. Ellenbog указывал в своем трактате, что химические вещества и неудачно сконструированное оборудование неблагоприятно отражаются на здоровье человека. В XVII веке Ramazzini обращал внимание на неблагоприятное влияние напряженной рабочей позы для лиц многих профессий. В начале XX столетия, в 1911 г., Gilbreth отмечал, что экономический успех предприятия, так же как и здоровье работающего, зависит от взаимодействия между человеком и окружающей средой.

Более определенные контуры современной эргономики как науки стали выявляться со времени первой мировой войны, но наиболее ощутимая необходимость в расширении исследований по эргономике возникла в период второй мировой войны в связи с мощным развитием техники. В этот период выявилось, что военная техника нередко превышала психофизиологические возможности человека, в результате чего она не могла эффективно использоваться, выходила из строя, происходили аварии.

С целью обеспечения оптимальных условий труда необходим комплексный подход ко всей системе «человек — машина — среда». Такой подход включает в себя контактирование технических наук и наук о человеке и его трудовой деятельности. В связи с возникновением такой необходимости в 1949 г. в Англии группа ученых разных специальностей поставила себе цель изучить «человеческий фактор» в рабочей обстановке, на производстве. Несколько позднее было создано Эргономическое исследовательское общество. В то время в США этой проблемой в основном занимались психологи. В 1957 г. в США возникло Общество по изучению «человеческого фактора», которое было названо «человеческая инженерия».

Понятие «эргономика» впервые было предложено польским естествоиспытателем В. Ястшембовским, который в 1857 г. опубликовал в еженедельнике «Приро-



да и промышленность» работу «Черты эргономики, т. е. науки о труде». У нас в стране в 20-х годах, когда довольно много внимания уделялось изучению деятельности человека в производственной обстановке, В. Н. Мясищев предложил выделить изучение трудовой деятельности в особую научную дисциплину — эргологию (учение о работе). В. М. Бехтерев предложил назвать эту дисциплину эргонология. Однако в те годы это новое научное направление не получило должного развития. После войны, в конце 50-х годов, вследствие бурного развития науки и техники, внедрения средств автоматизации возникла необходимость в проведении эргономических исследований. Эти исследования стали развиваться на новой научной основе.

В настоящее время эргономические исследования систематически ведутся во многих странах мира. Наибольший удельный вес приходится на долю европейских стран (Англия, БНР, ВНР, ГДР, Голландия, Италия, ПНР, СРР, ФРГ, Франция, ЧССР, Швейцария, Швеция, Югославия).

Эргономика рассматривает систему «человек — машина — среда» как единое целое, в котором недостаточно изучить какое-то отдельное звено, так как все звенья взаимодействуют друг с другом. В этом случае требуются комплексные исследования, включающие различные научные дисциплины. В связи с тем что система функционирует в определенных производственных условиях, необходимо изучение этих условий, тем более что условия окружающей среды на производстве, как известно, в значительной степени определяются работой машины. Например, такие факторы производственной среды, как шум на рабочем месте, запыленность и загазованность среды, а часто и тепловой фактор определяются работой машины. Если эти факторы превышают предельно допустимые величины, то они могут оказывать неблагоприятное влияние на организм работающего. Отсюда возникает необходимость в проведении гигиенических исследований с целью устранения этого влияния.

Эргономика включает антропометрические исследования. Эти исследования необходимы для обеспечения соответствия параметров рабочего места и проектируемого технологического оборудования антропометрическим и биомеханическим характеристикам человека,



правильного конструирования и расположения органов управления на оборудовании и т. д.

При проектировании и конструировании пультов управления и, в частности, средств отображения информации необходимо обеспечивать не только их рациональное размещение, но и учитывать абсолютные и дифференциальные пороги ощущения зрительного, слухового и других анализаторов, а также их пропускную способность. Все это необходимо для того, чтобы оператор правильно и своевременно отреагировал на рабочие сигналы, чтобы поток поступающих сигналов не превышал психофизиологических возможностей человека. Разработкой этой проблемы занимаются специалисты по инженерной психологии.

Большое место в эргономике занимают ее связи с физиологией труда. Оценка влияния на работающих правильности организации рабочего места, удобства обслуживания оборудования, прилагаемых усилий для переключения органов управления оборудованием, определения рациональности рабочих движений, величины физической нагрузки и степени нервного напряжения — все это задачи, которые должны решать физиологи труда.

Немаловажное значение имеет художественное конструирование, которое проводится после эргономического анализа промышленного изделия. Художник-конструктор должен учитывать замечания и рекомендации, сделанные в результате эргономического исследования. Основной задачей художественного конструирования является создание такой машины, станка, которые соответствовали бы эстетическим требованиям, вызывали положительные эмоции, создавали хорошее настроение. А хорошее настроение, как известно, оказывает положительное влияние на работоспособность человека.

В. П. Зинченко, А. Н. Леонтьев, Б. Ф. Ломов, В. М. Мунипов (1972), рассматривая некоторые методологические проблемы становления эргономики, отмечают, что ее возникновение является естественным процессом в развитии научных знаний, в ходе которого наряду с дифференциацией наук происходит их интеграция, взаимопроникновение. При решении задач оптимизации трудовой деятельности человека в современном производстве в эргономических исследованиях выступают во взаимосвязи антропология, физиология, психология, ги-



гиена труда и технические науки. Вследствие такого широкого научного диапазона некоторые авторы (Rodger R., 1959; Tichauer E. R., 1967) называют эргономику наукой многодисциплинарной или междисциплинарной.

Эргономическое изучение трудовой деятельности не означает дублирования отдельных физиологических, психологических, гигиенических исследований. Эргономика опирается на эти науки, учитывает в каждом конкретном случае степень их значимости, комплексно решает поставленную задачу — обеспечение оптимальной эффективности функционирования системы «человек — машина — среда».

В настоящее время, когда уже есть определенный опыт в эргономических исследованиях, намечаются некоторые качественные изменения в задачах эргономики. Сейчас эргономика носит коррективный характер. Задачи коррективной эргономики вытекают из практики — дать эргономическую оценку какой-либо конкретной системы «человек — машина — среда», с тем чтобы повысить эффективность этой системы. Однако уже теперь ставятся задачи проективной эргономики — многофакторного, целостного изучения трудовой деятельности человека, когда вырабатываются интегральные критерии оптимальности, на основании которых проектируется эффективная система «человек — машина — среда», обеспечивающая высокую производительность, точность, надежность системы, соответствие анатомо-физиологическим и психологическим возможностям человека, минимальное напряжение и утомление человека, положительное эмоциональное воздействие на него.

Эргономика получила в настоящее время широкое развитие. В нашей стране, а также в других странах проводятся конференции и симпозиумы по эргономике. Эффективно развивается международное сотрудничество в области эргономики между социалистическими странами. В 1972 г. в Москве состоялась первая Международная конференция ученых и специалистов стран СЭВ и Югославии по вопросам эргономики. Вторая конференция проходила в 1975 г. в Бургасе (БНР), а третья — в 1978 г. в Будапеште.

Установлению более правильного понимания сущности эргономики и ее взаимоотношений с другими на-



уками способствовало Всесоюзное совещание «Конструирование машин, механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики», состоявшееся в ноябре 1969 г. в Госкомитете по науке и технике при Совете Министров и ВЦСПС, в решении которого записано: «...Проектно-конструкторские институты не всегда учитывают влияние физиолого-гигиенических и психологических факторов при конструировании новых машин и механизмов. В то же время практика показывает, что решение вопросов эргономики, опирающейся на комплексные исследования по гигиене, физиологии и психологии труда, теорию конструирования машин, требования безопасности труда и технической эстетики, во многом способствует улучшению условий труда на производстве, облегчению труда и повышению его производительности».

Технический прогресс и его экономический эффект все в большей степени будут определяться развитием разных наук, в том числе и эргономики, темпами, масштабами внедрения ее достижений во все отрасли народного хозяйства.

### **Взаимоотношения человека и техники — основной вопрос эргономики.**

**Главные этапы развития этих взаимоотношений.**

#### **Задачи эргономики**

Выше уже говорилось, что под эргономикой чаще всего понимаются взаимоотношения человека и техники с точки зрения соответствия конструкций технических устройств анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. С этой точки зрения эргономика является частным случаем взаимоотношений человека и техники.

Взаимоотношения человека и техники (с политической, экономической, эргономической и других точек зрения) подчиняются основным закономерностям марксистско-ленинской философии. К ним относятся в первую очередь закон постоянного развития этих взаимоотношений, закон развития субъекта (человек) и объектов (природа, техника) в процессе труда, закон объективирования личности (субъект) в результате труда, т. е. «превращения идеального в реальное» и субъ-



ективирования результата труда в личность (в субъект), т. е. закон изменения самой личности (субъект) в процессе труда.

Выше уже говорилось, что основное содержание эргономики с точки зрения этих закономерностей состоит в создании предметной среды, в условиях которой общественно-трудовой процесс происходит, говоря словами К. Маркса, «с наименьшей затратой сил (производителей) и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей»<sup>1</sup>.

Это указание К. Маркса возможно выполнить лишь при условии создания предметной среды человека, т. е. техники, при опоре на всю систему знаний о человеке, при полном учете его анатомо-физиологических и психологических особенностей. Это означает, что задача эргономики состоит в оптимизации положения человека в системе «человек — машина — среда», в гуманизации техники, в достижении соответствия конструкции производственного оборудования и организации рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. Принцип «соответствия», вытекающий из единства субъекта (человек) и объекта (природа, техника) в процессе труда, в свете этих данных является основным принципом эргономики.

В настоящее время эргономика в СССР развивается в трех направлениях — техническая эстетика, инженерная психология и собственно эргономика, или производственная эргономика.

Часть эргономики, обосновывающая гигиенические, физиологические и психологические требования к конструкциям производственного оборудования, т. е. производственная эргономика, пока не получила в нашей стране широкого развития. В свете решений XXV съезда КПСС, предусматривающих создание новой прогрессивной техники, роль производственной эргономики должна возрасти. Задачей производственной эргономики является осуществление принципа соответствия конструкций производственного оборудования фабрик, заводов, рудников и других предприятий анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека.

Хотя сама эргономика как новое научное направление сформировалась 20—25 лет тому назад, взаимоот-

---

<sup>1</sup> Маркс К. Капитал.— Т. 3.— М.: Политиздат, 1955, с. 833.



ношения человека и техники с точки зрения основного принципа эргономики—принципа «соответствия» — прошли длительную историю.

Разнообразные орудия труда, применяемые человеком в его трудовой деятельности, начиная с грубых каменных орудий первобытных людей и кончая современными машинами, составляют орудия производства, которые совместно с предметами труда, т. е. совместно с тем, на что направлен труд человека, образуют важнейшую социально-экономическую категорию — средства производства.

Средства производства вместе с людьми, приводящими их в движение в процессе производства материальных благ, составляют производительные силы. Производительные силы являются наиболее подвижным и революционным элементом производства. Развитие производства начинается с изменений в производительных силах и прежде всего с изменения и развития орудий труда. Развитие же орудий труда тесно связано с развитием человека.

Возникновение человека относится к началу нынешнего четвертичного периода в истории Земли. Переход от ископаемых человекообразных обезьян к человеку совершился через ряд промежуточных существ, совмещавших черты обезьяны и человека — обезьянолюдей — питекантропов. С питекантропами, жившими по разным данным, 2—10 млн. лет тому назад, связывают изготовление и употребление первых орудий труда, которые были найдены в тех же слоях, что и кости питекантропа. Это были примитивные каменные скребки, сверла. С этого времени у предков человека возникла поза прямого стояния, и, как показывают данные антропологов, именно с этого времени употребление орудий труда стало причиной быстрого преобразования человека, в частности его черепа и конструкции мозга. Таким образом, возникновение труда оказалось могучим толчком к развитию мозга первых людей.

В самых нижних слоях пещерных отложений Европы, Азии и Африки были обнаружены целые костяки взрослых и детей других предков человека — неандертальцев.

Неандертальцы, жившие 300—500 тыс. лет тому назад, владели каменными и костяными орудиями. Видимо, у них были и деревянные орудия.



Первыми современными людьми являются кроманьонцы, жившие 100—150 тыс. лет назад. Их орудия труда, сделанные из рога, кости, кремня, были очень разнообразны и украшены резьбой. Техника изготовления орудий труда и предметов быта много совершеннее, чем у неандертальцев. Кроманьонцы умели шлифовать, сверлить, знали гончарное дело. Они приручали животных и делали первые шаги в земледелии. Жили они родовым обществом. Кроманьонцы и современный человек образуют вид *Homo sapiens* — человек разумный.

Появление человека было одним из величайших поворотов в развитии природы. Этот поворот совершился тогда, когда предки человека стали выделывать орудия труда. Коренное отличие человека от животного начинается только с изготовления орудий, хотя бы самых простых. Некоторые животные, как, например, обезьяна, нередко пользуются палкой, чтобы сбить плоды с дерева, защититься от нападения. Но ни одно животное никогда не делало даже самого грубого орудия труда. Условия повседневной жизни толкали предков человека на изготовление орудий. Опыт подсказывал им, что заостренные камни можно использовать для защиты от нападений или для охоты на животных. Процесс овладения стихийными силами природы в те далекие времена протекал крайне медленно, так как орудия труда были примитивными. Первые орудия труда явились как бы искусственным продолжением органов тела человека: камень — кулака, палка — вытянутой руки.

По мере физического и умственного развития человек оказывался в состоянии делать более совершенные орудия. Для охоты служили палки с заостренным концом. Затем к палке стали прикреплять каменный наконечник. Появились топоры, копья с каменными наконечниками, каменные скребки и ножи. Эти орудия сделали возможными охоту на крупных животных и развитие рыболовства.

Главным материалом для выделки орудий на протяжении очень долгого времени оставался камень. Эпоха преобладания каменных орудий, насчитывающая сотни тысячелетий, носит название каменного века. Лишь позже человек научился делать орудия из самородного металла, в первую очередь из меди. Однако



медь как мягкий металл не нашла широкого применения для изготовления орудий. Поэтому начали делать орудия из бронзы (сплав меди и олова) и, наконец, из железа. В соответствии с этим за каменным веком следует бронзовый век, а за ним — железный. Наиболее ранние следы плавки меди в Передней Азии относятся к V—IV тысячелетию до нашей эры. В Южной и Средней Европе плавка меди возникла примерно в III—II тысячелетии до нашей эры. Древнейшие следы бронзы, найденные в Месопотамии, относятся к IV тысячелетию до нашей эры. Наиболее ранние следы плавки железа обнаружены в Египте: они относятся к периоду за 1,5 тыс. лет до нашей эры. В Западной Европе железный век начался около 1000 лет до нашей эры.

Переход от каменных орудий труда к металлическим привел к значительному расширению рамок человеческого труда. Изобретение кузнечного меха позволило выделывать железные орудия труда невиданной ранее прочности. При помощи железного топора стало возможным расчищать землю от лесов и кустарников под пашню. Соха с железным лемехом позволила обрабатывать сравнительно крупные участки земли. Все это способствовало возникновению общественного разделения труда, отделению ремесла от земледелия, в связи с чем возникает производство непосредственно для обмена.

Первые орудия труда человека представляли собой простое «удлинение» рук человека. Многие орудия труда, используемые и в настоящее время, также являются «удлинением» естественных органов человека. С этой точки зрения эти орудия полностью подчиняются принципу «соответствия». Однако по мере перехода от индивидуального создания орудий труда для «себя» к массовому производству орудий труда для обмена возможность их соответствия индивидуальным особенностям человека все больше и больше затруднялась. Принципиально новый момент во взаимоотношении человека и техники возникает после превращения ручного орудия в машину. Ее важнейшая специфическая особенность состоит в том, что она не столько «удлиняет» естественные органы человека, сколько заменяет их. К. Маркс говорил, что «с изобретением поворотного суппорта было сделано механическое приспособление, заменяющее не какое-либо особенное орудие труда, а



самую человеческую руку»<sup>1</sup>. Эта замена руки машиной представляет собой объективирование естественных сил субъекта; в машине как бы совершается в то же время проникновение объекта в среду субъекта. Переход к машинной индустрии означал полный технический переворот в производстве.

Двигательной силой первых машин был сам человек или рабочий скот, затем появились машины, которые приводились в движение водяным двигателем. В 1785 г. изобретен механический ткацкий станок, который к середине XIX века полностью вытеснил ручное ткачество. Первые текстильные фабрики строились по берегам рек, и машины приводились в действие при помощи водяных колес. С изобретением паровой машины были найдены способы ее применения на транспорте. В 1807 г. в США создан первый пароход, а в 1825 г. в Англии построена первая железная дорога. К этому же времени изобретены механические молоты, прессы, металлообрабатывающие станки: токарный, фрезерный, и сверлильный. Родились новые отрасли промышленности — машиностроение и металлургия. В 80-х годах XIX века созданы паровые турбины, изобретен новый тип двигателя — двигатель внутреннего сгорания, сначала газовый (1887 г.), а затем двигатель, работающий на жидком топливе, — дизель (1893 г.). В последний период XIX века выступила новая могущественная сила — электричество. Посредством машин осуществляется механизация труда. Применение машины обеспечивает огромный рост производительности труда и понижение стоимости товара. В XIX веке для переработки одинакового количества хлопка в пряжу с помощью прядильной машины требовалось рабочего времени в 180 раз меньше, чем при применении ручной прядки.

Процесс постепенной замены естественных функций человека средствами техники достиг особой значимости в период современной научно-технической революции. Внедрение пультов управления в период научно-технической революции внесло новое качество во взаимоотношения человека и техники, заключающееся в возможности вынесения управления производством за пределы технологического процесса и замены непосредственного наблюдения за производственным процессом наблюдением

---

<sup>1</sup> Маркс К. Капитал.— Т. I. М.: Политиздат, 1955, с. 391.



за состоянием сигнальных систем на пульте управления. При применении ЭВМ отсутствует необходимость и в наблюдении за сигнальными устройствами, так как сама ЭВМ анализирует поступающие сигналы и дает указание исполнительным органам. Такое разобщение оператора и реального хода технологического процесса, замена его системой кодов приводит к тому, что оператор, по мнению психологов, действует в реальном и в то же время искусственном мире — мире знаков, кодов, моделей, символов. Он лишен возможности непосредственно воспринимать управляемые объекты, поскольку они удалены от него или опасны для непосредственного наблюдения. Оператор испытывает вполне реальную ответственность, вполне реальные эмоциональные переживания, но источником этих состояний является не реальный мир, воздействующий непосредственно на оператора, а некоторая информационная модель этого мира. В любой модели, особенно в скупой, лаконичной, созданной при помощи разнообразных выразительных средств, — формы, цвета, символики — имеется некоторая неопределенность. Оператор, оставаясь один на один с информационной моделью, в конце концов адаптируется к модели и перестает воспринимать ее предметно, т. е. как модель реального мира, и начинает воспринимать ее как объект своей деятельности. Иногда это может привести к замене истинной мотивации мнимой, утрате бдительности, апатии.

В результате этого деятельность оператора в современных автоматизированных системах управления не удовлетворяет требованиям оперативности и точности. Основная причина этого состоит в том, что информационные модели строят по логике, отражаемой в их реальности, а не по характеру деятельности оператора с этой реальностью, т. е. иначе говоря, не в соответствии с его физиологией и психологией. Все это создает новые задачи регламентации труда оператора.

Кроме того, ЭВМ своими функциями начинает охватывать область субъективного — человеческого, область физиологических процессов высшей нервной деятельности. ЭВМ, иначе говоря, объективирует определенные «механизмы» человеческого мышления, где она становится способной заменить и уже успешно заменяет некоторые его проявления.

В связи с этим приобретает важнейшее значение вывод о том, что для того чтобы информационные модели



удовлетворяли этому важнейшему требованию принципа «соответствия», необходимо исследование объективной структуры деятельности оператора, которая должна лечь в основу построения информационных моделей.

Дальнейшее развитие эргономики обосновывается решениями XXIV и XXV съездов КПСС, в которых поставлена задача создавать и внедрять принципиально новые орудия труда, материалы и технические процессы, превосходящие по своим технико-экономическим показателям лучшие отечественные и мировые образцы, и задача осуществить в широких масштабах замену ручного труда машинным. При этом в области труда поставлена задача дальнейшего улучшения условий труда. Такое соединение в документах XXIV и XXV съездов КПСС ускорения темпов технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства с улучшением условий труда означает необходимость расширения исследований по оптимизации положения человека в системе «человек — машина» применительно к условиям в различных отраслях промышленности и в первую очередь в металлургии, химической, горнорудной промышленности, энергетике, машиностроении и т. д.

В материалах Всесоюзного совещания «Конструирование машин, механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики»<sup>1</sup> в развитие этих руководящих положений основные требования производственной эргономики были сформулированы следующим образом.

1. Конструкции машин и производственного оборудования должны быть рассчитаны так, чтобы они не были источником неблагоприятных санитарно-гигиенических условий труда, т. е. должны соответствовать гигиеническим требованиям в отношении поддержания на рабочем месте санитарно-гигиенических условий труда на уровне нормативов, установленных санитарным законодательством.

2. Конструкции машин и производственного оборудования должны быть рассчитаны так, чтобы они обеспечивали его обслуживание в удобных рабочих позах, с применением усилий, траекторий, скоростей и количеств

---

<sup>1</sup> Научный совет по проблеме «Охрана труда» при Государственном комитете по науке и технике при Совете Министров СССР и ВЦСПС. 1971.



ва движений суставов в физиологически допустимых пределах. В требования производственной эргономики входят и те, которые вытекают из особенностей нормального функционирования органов чувств человека, например физиологически обоснованные углы зрения, уровни интенсивности сигнала, объемы воспринимаемой и перерабатываемой производственной информации. Конкретно это означает, что конструкции оборудования должны соответствовать анатомо-физиологическим и психологическим особенностям строения и функционирования органов и тела человека.

Эти положения и легли в основу проведения эргономических исследований на производстве в разных отраслях промышленности и накопления научных данных, результаты которых использованы для формирования содержания производственной эргономики.

### **Понятие «эргономическая система». Классификация внутрисистемных связей**

В предыдущем разделе показано, что взаимоотношения человека и техники на всех этапах исторического развития настолько тесно связаны и обусловлены друг другом, что они вместе образуют единую систему, которая с точки зрения обязательности соответствия особенностей техники, ее конструктивных решений анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека может быть обозначена как «эргономическая система». Понятие «эргономическая система» означает, что человек, применяя то или иное орудие труда или обслуживая то или иное производственное оборудование, становится звеном системы «человек — орудие труда», «человек — машина» или «человек — техника» вообще.

Неразрывность и единство этой системы обуславливаются тем, что без человека невозможны никакие виды орудий труда и производственного оборудования, что орудия труда возникли одновременно с человеком и развивались вместе с ним.

Понятие об эргономической системе является, таким образом, одним из важнейших понятий (принципов) эргономики.

Постоянное развитие эргономической системы, которое было прослежено нами на страницах предыдущего



раздела, и к тому же не просто постоянное развитие, а постоянное и ускоряющееся ее развитие, является вторым важнейшим свойством эргономической системы и эргономики в целом. Каменный век, для которого характерны самые примитивные и грубые орудия труда, насчитывает около 1 млн. лет, на протяжении которых обыкновенный кусок камня превратился всего навсего в отшлифованный кусок камня, надетый на палку и ставший каменным топором.

Бронзовый век продолжался около 3—4 тыс. лет, и за это время топоры, ножи, копья не изменили своей природы, оставаясь тем, чем они были в каменном виде, став только более красивыми по отделке.

Бронзовый век быстро уступил место железному веку. К ассортименту орудий труда на протяжении 3 тыс. лет прибавились в основном только земледельческие орудия — лемех и серп, способствовавшие тем не менее резкому возрастанию успехов земледелия. В железный век многое прибавилось в ассортименте домашней утвари, военного снаряжения. XVIII век — век промышленного переворота — дал людям нашей планеты ткацкий станок, прядильную машину и водяные колеса. XIX век — век механизации промышленности — дал паровой двигатель, двигатель внутреннего сгорания, двигатель электрический и ряд станков для механической обработки металлов.

XX век — век научно-технической революции, — только за первые три четверти дал человеку радио, телевидение, авиацию, ракетную технику, ядерную технику, электронно-вычислительную машину, пульты управления, автоматические линии, освоение космоса и многое-многое другое.

Этот разбор действительно подтверждает представление о том, что эргономическая система характеризуется не просто постоянным развитием, а именно постоянно ускоряющимся развитием, что очень важно для понимания особенностей системы, характерных для периода научно-технической революции.

Третьим главным признаком эргономической системы является указанный в предыдущем разделе принцип «соответствия» особенностей конструкции производственного оборудования анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. Этот принцип на всех этапах развития взаимоотношений человека и тех-



ники был главным в характеристике эргономической системы, но он приобрел исключительно важное значение в период ускорения технического прогресса, когда перед конструкторами машин впервые встали такие требования, которые не могут быть решены без точного знания особенностей человека, т. е. тогда, когда стали необходимыми эргономические требования, разрабатываемые специалистами — физиологами, психологами и гигиенистами.

В качестве примера необходимости именно такого подхода можно указать на трудности, возникшие при освоении ракетной авиации. Скорости, которые при этом были достигнуты, таковы, что если бы пилоты при полетах ориентировались на показания своих органов чувств, они бы постоянно опаздывали в нужных реакциях управления из-за ограниченной скорости нервных реакций.

Определив основные признаки эргономической системы, мы должны рассмотреть вопрос о ее составе. Под составом эргономической системы понимается перечень звеньев, входящих в нее при выполнении производственной работы.

К определению состава эргономической системы необходимо подойти также с исторической точки зрения, т. е. с учетом фактических этапов, пройденных во взаимоотношениях человека и техники. Большинство авторов, рассматривающих этот вопрос, решают его с точки зрения сложившихся взаимоотношений, характерных для нашего времени. В связи с этим Н. П. Беневоленская (1972) указывает на то, что ряд авторов (Ломов Б. Ф., Онопкин Н. В., Фролов М. Ф., Рознер Я. и др.) рассматривают эргономическую систему как двухчленную — «человек — машина» или «человек — техника». Многие авторы видят в ней три члена — «человек — техника — окружающая среда» (Платонов К. К., Ломов Б. Ф., Венда В. Ф.). Н. Т. Приходько вводит в эргономическую систему четвертый член — коллектив. Н. П. Беневоленская рассматривает эргономическую систему как состоящую из четырех: «человек — машина — окружающая среда — предмет труда» или даже из пяти членов: «человек — машина — предмет труда — окружающая среда — лица, вовлекаемые в систему, помимо оператора, или находящиеся в зоне действия машины».



Правильное решение вопроса о составе эргономической системы может быть найдено, исходя из учета историчности самой эргономической системы.

В соответствии с этапами развития взаимоотношений человека и техники можно предполагать, что состав эргономической системы будет не раз и навсегда установленным, а будет изменяться соответственно этапам развития взаимоотношений человека и техники. В течение миллиона лет существования человека эти взаимоотношения ограничивались только двумя звеньями — человеком и простым орудием труда, т. е. скреблом, топором, копьем. В этой эргономической системе «человек — орудие труда» условия труда определялись естественными условиями среды обитания и не зависели от качества орудий труда. Но уже на этом этапе характер взаимоотношений человека и орудий труда в некоторых отношениях зависит от свойств предмета труда, т. е. от того, к чему применялось то или иное орудие труда. Даже на этом этапе тяжесть труда, усилия, развиваемые человеком, зависели от того, какое дерево рубилось топором, какая почва обрабатывалась первобытной сохой и т. д. Поэтому правильнее будет уже на этом этапе развития эргономической системы в ее состав включать человека, орудие труда, предмет труда.

Н. П. Беневоленская применительно к современным условиям мотивирует необходимость включения в эргономическую систему предмета труда следующим образом: предмет труда, к которому мы относим обрабатываемые изделия, грунты, перевозимые грузы и т. д., существенно влияет на интенсивность и характер возникающих при работе машины факторов, а в ряде случаев и сам может быть их источником. Например, свойства пакета (предмет труда) могут изменить уровень вибрации на рукоятке клепального молотка на 20 дБ. При увлажнении угля в пласте усилие нажатия, прикладываемое рабочим к отбойному молотку, снижается на 5—7 кг. Возрастание крепости угля приводит не только к увеличению уровней виброскорости и величины усилия нажатия, но и к удлинению времени контакта с действующей вибрацией, шумом и повышению физической нагрузки. Если при отбойке мягких углей пика молотка внедряется за 3—4 с, а затем следует пауза в 1—2 с, то при работе на крепких углях такая пауза в 1—2 с сме-



няется внедрением пики, равным 15—20 с, что резко меняет структуру рабочего времени оператора. Следовательно, при эргономической оценке машин необходимо учитывать роль предмета труда в изменении характеристики машины и в возможном нарушении организма оператора.

После создания горна для плавки металла, который был источником высокой температуры, лучистого тепла, всякого рода газов и пыли, в состав эргономической системы, помимо человека, орудия труда, предмета труда, необходимо включить также «среду», т. е. совокупность условий, которые создаются при функционировании системы и могут вступить во взаимодействие с ее звеньями, в первую очередь с человеком.

На более поздних стадиях взаимоотношений человека и техники окружающая среда становится важнейшим звеном эргономической системы. Приобрела огромное значение проблема регулирования состояния окружающей среды как составной части эргономической системы. Большое значение в этом регулировании придается установлению гигиенических нормативов, т. е. допустимых уровней условий окружающей среды и разработке мероприятий, ограничивающих эти уровни нормативами.

Н. П. Беневоленская мотивирует включение в состав эргономической системы пятого члена — лиц, вовлекаемых в систему или находящихся в зоне работы, следующим образом: «особую группу в указанной выше системе представляют лица, вовлекаемые в нее, но не связанные с управлением, использованием или обслуживанием машины. Эта группа делится на 4 ступени: машина — микроколлектив, машина — макроколлектив, машина — регион, машина — популяция, на каждой из которых разыгрывается своя специфика взаимоотношений, связей и задач. Как правило, число вовлекаемых лиц существенно превышает число операторов. Исследования показали, что особая опасность возникает на первой ступени, когда лица, вовлекаемые в систему, могут подвергаться более интенсивному воздействию «машинных факторов», нежели оператор, не получая при этом никакой компенсации за возможную утрату здоровья». С этими соображениями Н. П. Беневоленской можно вполне согласиться. Проиллюстрируем это некоторыми примерами. В современных ткацких и прядильных цехах при



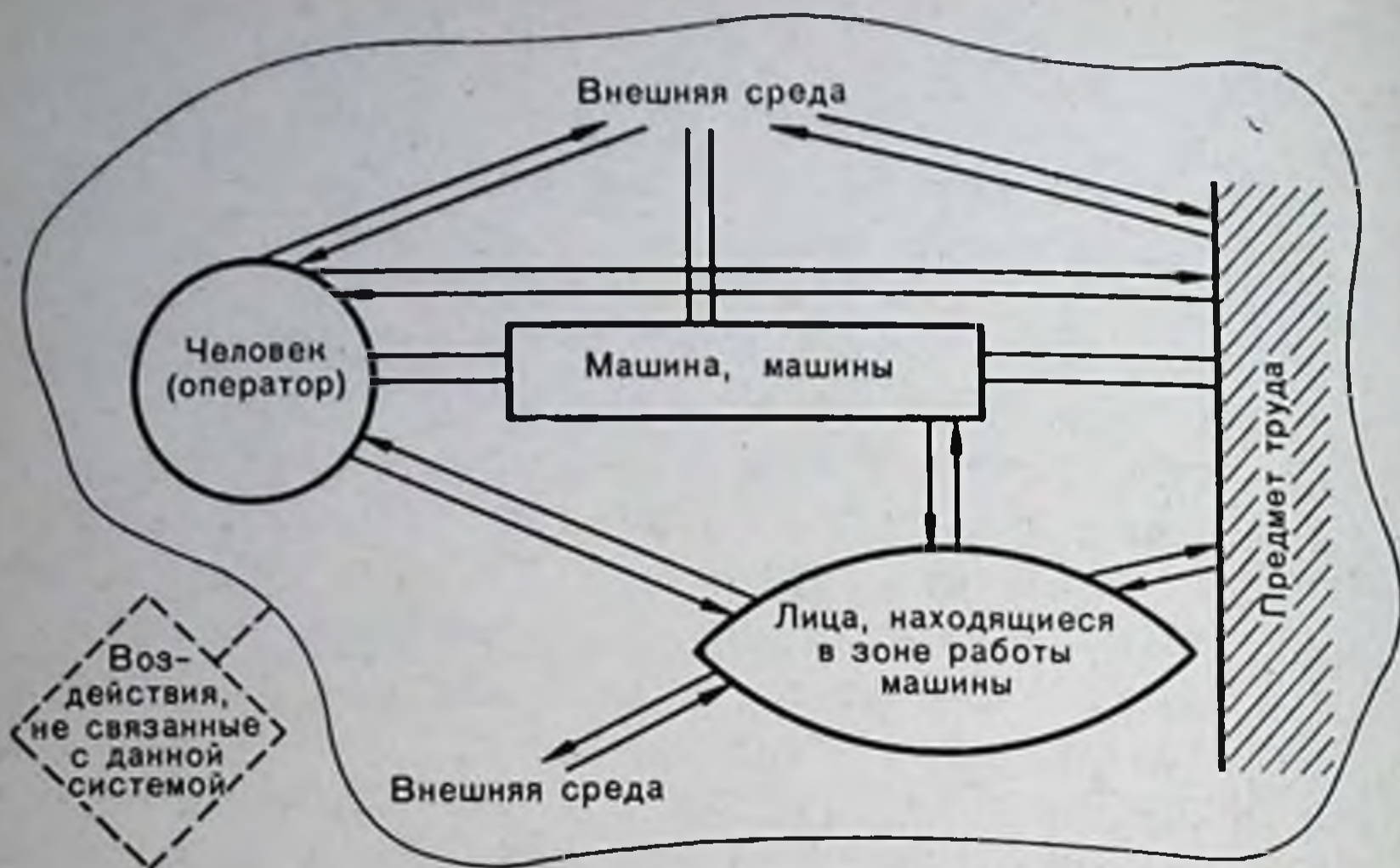


Рис. 1. Схема связей в системе «человек — машина — предмет труда — внешняя среда».

закреплении за ткачихами и прядильщицами определенных ткацких станков и прядильных машин воздействию станочных и машинных факторов (шума, вибрации) подвергаются, помимо ткачих и прядильщиц, все другие работники цеха — мастера, подсобные рабочие, съемщицы, зарядчицы, отрывщицы. Так получается потому, что ткацкие станки и прядильные машины, будучи прочно зацементированными в пол цеха, образуют с ним единую колебательную и резонирующую систему. И если ткачиха или прядильщица подвергается воздействию вибрации через непосредственный контакт с деталями станка или машины, то весь остальной персонал цеха подвергается действию вибрации через пол. На предприятиях химической промышленности все неплотности в сочленениях оборудования, являясь источниками загрязнения воздуха и распространяясь по всему цеху, также влияют на весь персонал цеха, а не только на операторов, а в случаях выброса этих загрязнений через трубу цеха в атмосферу — и на окружающее население.

Таким образом, мы приходим к выводу, что эргономическая система является сложным понятием. Она включает в себя человека, машину, предмет труда, окружающую среду, лиц, вовлекаемых в систему. Схема состава



эргономической системы по Н. П. Беневоленской показана на рис. 1.

При таком составе эргономической системы очень важно правильно представить классификацию связей внутри этой системы. Эта классификация необходима для понимания внутренней организации системы, определения ее уязвимых звеньев и прогнозирования ее поведения в различных условиях эксплуатации.

В соответствии с составом эргономической системы в основу этой классификации должны быть положены три главных признака: особенности связей оператора с машиной и предметом труда и его взаимодействие с условиями труда.

При изучении связей оператора с машиной необходимо иметь в виду, что эти связи осуществляются в первую очередь через информационное взаимодействие оператора с машиной. При этом в самом информационном взаимодействии учитываются особенности функции входа, от которых зависит обеспечение ввода информации в органы чувств человека, особенности функции управления, осуществляемые центральной нервной системой и зависящие от ее состояния, и особенности функции выхода, которые в большинстве случаев реализуются посредством сенсомоторных органов и мышечной системы человека и также зависят от их функционального состояния.

По Я. Рознеру, в информационном взаимодействии можно выделить три этапа.

1. Восприятие информации (перцепция) либо путем непосредственного наблюдения производственного процесса, либо по наблюдениям за показаниями контрольно-измерительных приборов, отражающими параметры хода производственного процесса. Перцепция осуществляется с помощью органов чувств, откуда полученная информация передается в центральную нервную систему человека. Эта фаза трудового процесса (восприятие информации и передача ее в центральную нервную систему) относится к сфере действия законов физиологии и психологии.

2. Переработка (трансформация) полученной информации осуществляется в центральной нервной системе и приводит к принятию определенного решения. Механизм выработки решения до сих пор мало изучен. На характер решения, его правильность и быстроту принятия



влияет не только информация, поступающая извне (от машины, из внешнего окружения), но и внутренняя информация.

Внутренняя информация поступает из памяти, в которой содержатся полученные ранее информация и инструкции. Помимо заложенной в памяти человека информации, большую роль играет также интуиция, которая влияет на принятие решения.

В переработке информации и принятии решения играют роль «стрессовые» ситуации, или состояние нервного напряжения, которые выражают реакции организма на травмы, шоки, а также психологические затруднения, такие, как страх, состояние сильного возбуждения и т. д.

3. Последним этапом трудового процесса является выдача принятого решения исполнительными органами и выполнение этого решения. Этот последний этап называется управлением и в системе «человек — машина» осуществляется путем воздействия на органы управления машины с целью внесения необходимых изменений в происходящий в системе процесс. Выходом в этом случае являются исполнительные органы человека, входом — органы управления машины.

Таким образом, перцепция, принятие решения и его выполнение образуют замкнутую структуру взаимодействий между человеком и машиной в эргономической системе. Сутью взаимодействия этих двух основных элементов системы — машины и человека — являются процессы передачи информации и управления на основе действия принципа обратной связи.

Помимо информационного взаимодействия между оператором и машиной, имеются и другие виды взаимодействий, характеризующиеся рабочей позой оператора при обслуживании машины, усилиями, скоростью, траекторией, количеством движений, развиваемых при этом, о чем подробно будет сказано ниже.

В классификацию внутрисистемных связей должны войти также и связи между оператором и предметом труда и связи между лицами, вовлекаемыми в систему, и в особенности условиями, создаваемыми внутри системы.

Что касается связей между оператором и предметом труда, то они осуществляются через машину и в основном оказывают влияние на степень выраженности их ин-



формационного взаимодействия или на характеристику тяжести и напряженности труда операторов.

Объективная классификация внутрисистемных связей основывается на правильном их анализе, который начинается с ее описания и применения в дальнейшем гигиенических, физиологических, психологических и специальных эргономических методов исследования. Подробнее об этом будет сказано по ходу дальнейшего изложения.



## II. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Как следует из анализа состава эргономической системы и классификации внутрисистемных связей, методы эргономических исследований должны быть направлены на установление влияния на человека факторов, возникающих внутри эргономической системы, с целью разработки рекомендаций, направленных на оптимизацию положения человека в системе. Конкретно методы исследования должны быть направлены: на изучение условий труда и раскрытие конструктивных недочетов производственного оборудования, способствующих ухудшению условий труда, с тем чтобы путем их устранения достигнуть улучшения условий труда; на оценку организации рабочих мест с точки зрения обеспечения нормальной рабочей позы, допустимых скоростей, траекторий, количества движений и усилий, необходимых при обслуживании производственного оборудования; на изучение информационного взаимодействия оператора и машины.

Таким образом, методы изучения эргономической системы состоят из гигиенических методов, изучающих условия труда, физиологических методов, с помощью которых изучается физиологическое состояние, антропометрических методов для определения анатомических размеров тела и специальных эргономических методов для изучения конструктивных особенностей обслуживаемого оборудования.

Гигиенические методы, применяемые в эргономике, по существу являются теми же самыми, которые применяются в обычных гигиенических исследованиях.

Физиологические методы, служащие для изучения физиологического состояния, также являются теми же самыми, которые применяются в исследованиях по физиологии труда, с тем отличием, что в исследованиях по эргономике необходимо уделять большее внимание методикам оценки состояния двигательного аппарата,



нервной системы и органов чувств. В связи с этим гигиенические и физиологические методы в этом разделе не описываются.

### **Антропометрические методы исследования**

При антропометрических методах исследования используют специальные приборы — антропометр Мартина и угломер. Известны многие таблицы антропометрических данных. В них насчитывается свыше 300 различных показателей, относящихся к различным анатомическим размерам тела человека. Однако в практике эргономических исследований применяется только небольшая часть существующих антропометрических данных, с помощью которых и осуществляется оценка соответствия размеров рабочих мест и рабочих инструментов размерам тела человека. В ГДР для этой цели предложен стандарт 22315, включающий 12 антропометрических показателей, а именно: высоту тела (рост), высоту плеча, длину бедра, высоту колена, высоту бедра, длину плеча, длину предплечья, ширину в плечах, высоту тела сидя, высоту глаз сидя, высоту плеча сидя, высоту глаз стоя.

Оценив критически этот стандарт, лаборатория эргономики Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР разработала свои предложения к стандарту на антропометрические показатели, применяемые в эргономике. Эти предложения представлены в табл. 1, 2 и 3, а также на рис. 2, 3.

Как видно из этих данных, для целей эргономики предусматривается применение 28 антропометрических показателей для туловища, 6 для кисти и 10 для головы (всего 44 антропометрических показателя). В отношении антропометрических показателей туловища в табл. 1 приведены случаи конкретного применения в эргономике каждого показателя.

Известно, что каждый антропометрический признак как случайная величина распределен по нормальному закону, выражающемуся кривой Гаусса. Зная закон распределения вероятностей, среднюю величину признака ( $M$ ) и среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ), можно определить процент людей, у которых величина антропометрического признака укладывается в тот или иной интервал.



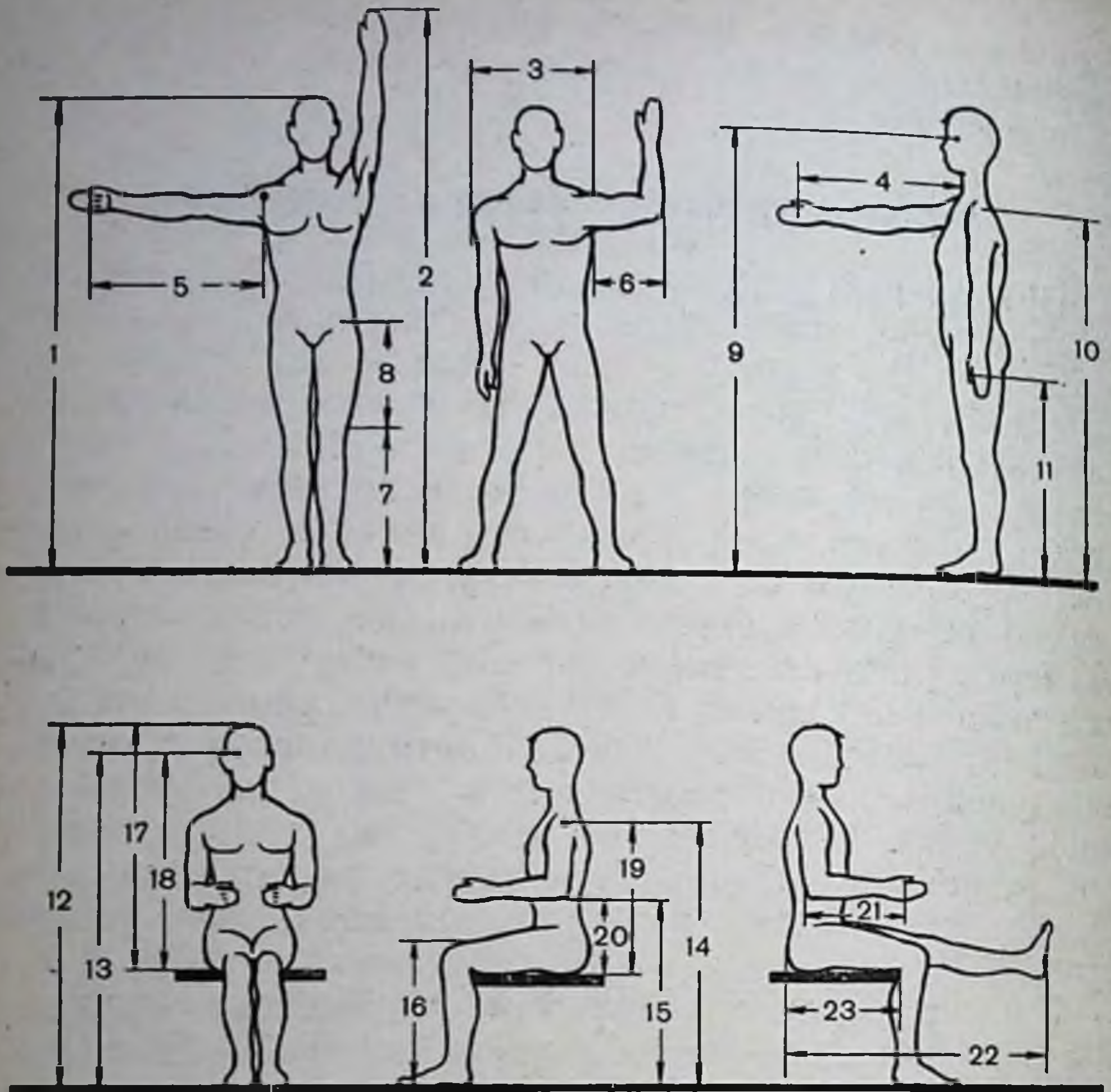


Рис. 2. Размеры тела человека, необходимые в эргономике (см. табл. 1).

Например, в интервал величин  $M \pm 3 \sigma$  укладываются 99,7% всех признаков, распределенных по нормальному закону, или, что в данном случае то же самое, — 99,7% людей. Для нормального закона распределения верны также следующие соотношения:

Интервалу	$M \pm 2 \sigma$	соответствует	95%
»	$M \pm 1,65 \sigma$	»	90%
»	$M \pm 1,15 \sigma$	»	75%
»	$M \pm 1 \sigma$	»	68%
»	$M \pm 0,67 \sigma$	»	50%
»	$M \pm 0,32 \sigma$	»	25%

Пользуясь этими данными, можно в каждом случае рассчитать процент людей, размерам которых будет удовлетворять данная конструкция (сиденье, кабина, пульт и т. д.).



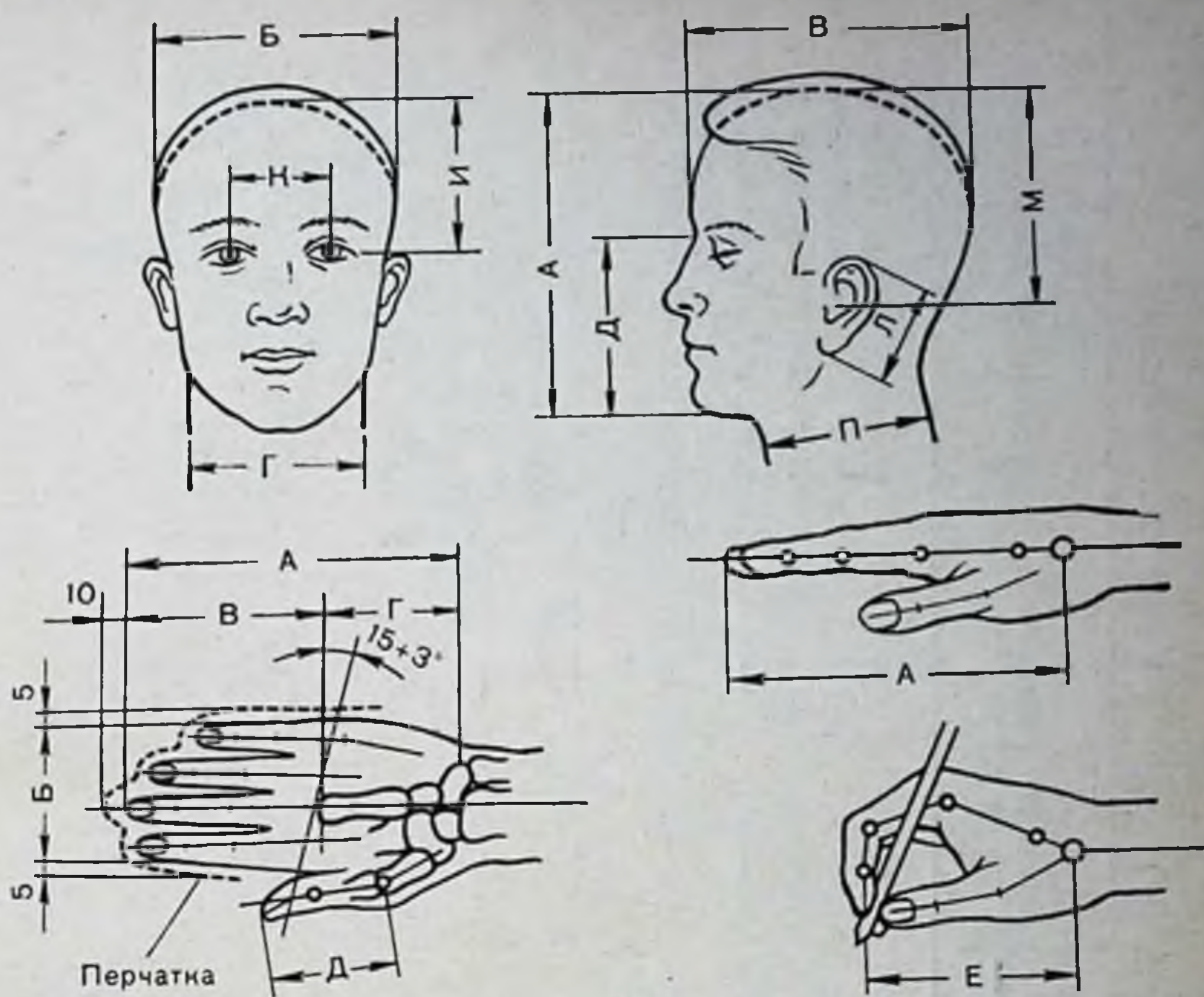


Рис. 3. Основные размеры головы и кисти руки (см. табл. 2 и 3).

Методы специальных эргономических исследований могут быть подразделены на различные виды в зависимости от их целевого назначения. Однако необходимо иметь в виду, что специальные эргономические методы исследования находятся пока в стадии разработки. При этом наибольшие трудности встречаются при оценке рабочих мест в таких машинах, как трактора, комбайны, кабины пульта управления. О трудностях, с которыми здесь встречаются эргономисты, будет сказано ниже.

Определение размеров оборудования для оценки их соответствия анатомическим размерам тела человека производится путем метрических и угломерных измерений. Это легко выполняется при измерении простого конторского стола или стула. Однако эргономистам еще предстоит научно обосновать выбор методов определения линейных и угловых параметров размещения органов управления, рабочего сиденья, размеров и формы рычагов, педалей и т. д., например для кабин тракторов.



## Антропометрические размеры, применяемые в эргономике, в сантиметрах

Поза	Измеряемые величины	СССР		ГДР		Применение в эргономике
		мужчины		женщины		
		М±σ	М±σ	М	М	
Стоя	Длина тела (рост)	167,8±5,8	156,7±5,7	171,5	159,8	Для определения высоты станка при работе в позе стоя, высоты рабочего помещения
	Длина тела с вытянутой вверх рукой	213,8±8,4	198,1±7,6	—	—	Для определения зоны досягаемости по вертикали с целью размещения органов управления
	Дельтоидная ширина плеч	44,6±2,2	41,8±2,4	—	—	Для определения размеров рабочего места
	Длина руки, вытянутой вперед (редуцир)'	64,2±3,3	59,3±3,1	—	—	Для определения зон досягаемости по глубине
	Длина руки, вытянутой в сторону (редуцир)	62,2±3,3	56,8±3,0	—	—	То же
	Длина плеча	32,7±1,7	30,2±1,6	35,5	32,7	Для определения высоты расположения органов управления и высоты рабочей поверхности
	Длина ноги	90,1±4,3	83,5±4,1	92,8	85,8	То же
	Длина бедра	—	—	44,4	43,0	Для определения высоты расположения органов управления и высоты рабочей поверхности



Высота глаз стоя	155,9±5,8	145,8±5,5	159,8	149,1	Для определения высоты рабочей поверхности и размещения средств индикации, зон обзора
Высота плечевой точки	137,3±5,5	128,1±5,2	141,7	132,1	Для определения высоты рабочей поверхности и высоты расположения органов управления
Высота ладонной точки	51,8±3,5	48,3±3,6	—	—	Для определения зоны захвата
Сидя Длина тела	130,9±4,3	121,1±4,5	—	—	Для станочных и других работ, выбора высоты кабины в машинах, комбайнах, тракторах и др.
	118,0±4,3	109,5±4,2	—	—	Для определения высоты рабочей поверхности, размещения сигнализации, средств индикации
Высота плеча над полом	100,8±4,2	92,9±4,1	—	—	Для определения высоты рабочей поверхности, зоны управления рычагами
Высота локтя над полом	65,4±3,3	60,5±3,5	—	—	Для определения высоты рабочей поверхности, зоны управления рычагами
Высота колен	50,6±2,4	46,7±2,4	—	—	Для оценки высоты рабочего стула
Длина тела над сиденьем	88,7±3,1	84,1±3,0	88,4	84,3	Для оценки высоты станка, органов управления, средств индикации



Поза	Измеряемые величины	СССР		ГДР		Применение в эргономике
		мужчины		женщины		
		М±σ	М±σ	М	М	
	Высота глаз над сиденьем	76,9±3,0	72,5±2,8	77,2	73,6	Для размещения органов управления, средств индикации, высоты рабочей поверхности
	Высота плеча над сиденьем	58,6±2,7	56,0±2,7	59,1	56,6	Для размещения органов управления, определения высоты рабочей поверхности
	Высота локтя над сиденьем	23,2±2,5	23,5±2,5	—	—	Для размещения подлокотников, определения высоты рабочего места
	Длина предплечья руки (редуцир)	36,4±2,0	33,4±1,8	35,5	32,0	Для определения зоны досягаемости по глубине, размеров рабочего места
	Длина вытянутой руки	104,2±4,8	98,3±4,7	—	—	Для размещения органов ручного управления
	Длина бедра	59,0±2,7	56,8±2,8	—	—	Для определения размеров сиденья

1 Редуцир — кисть, сжатая в кулак (положение захвата).



Таблица 2

## Основные размеры кисти руки человека

Точки на рис. 3	Размер, см		
	наибольший	средний	наименьший
А	20	18,5	17
Б	9	8,2	7,6
В	12,1	11,2	9,9
Г	7,8	7,3	6,8
Д	7,3	6,6	5,8
Е	12,1	11,2	9,9

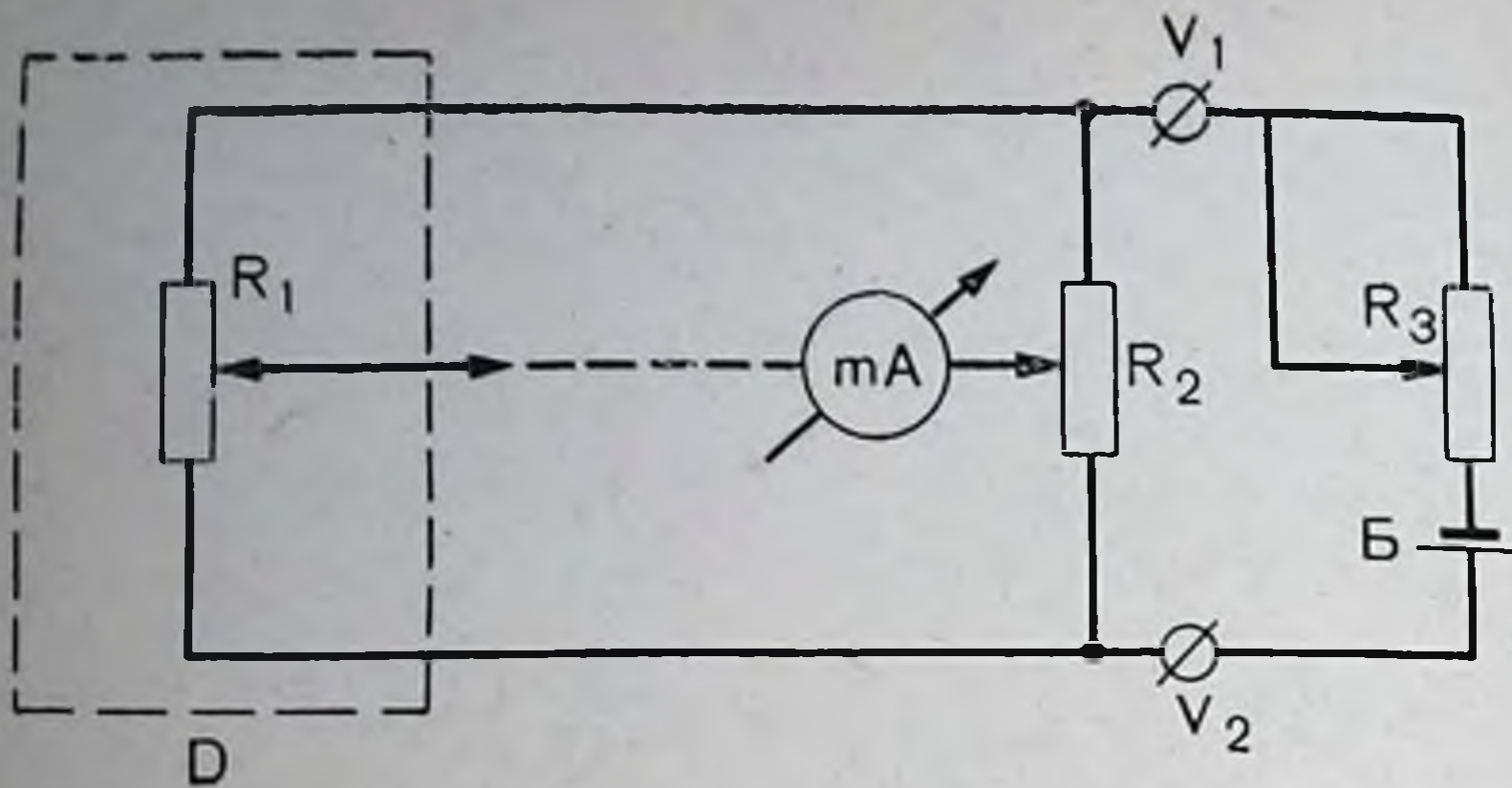
Примечание. При надевании защитных перчаток ширина и толщина кисти увеличивается на 1—1,5 см.

Таблица 3

## Основные размеры головы человека

Точки на рис. 3	Размер, см		
	наибольший	средний	наименьший
А	23,3	21,8	18,5
Б	16,5	14,8	13,1
В	20,2	18,8	16,8
Г	—	11,2	—
Д	13,9	12	9,7
И	13	10,8	8,2
К	—	6,5—6,8	—
Л	7,6	6,3	4,9
М	—	12,5	—
Н	13,4	11,4	10



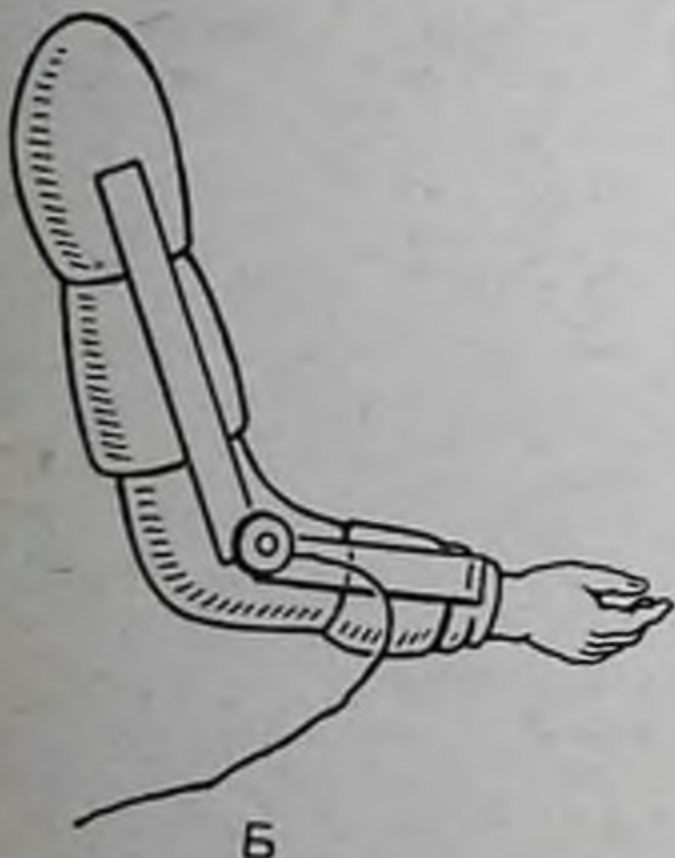


А

Рис. 4. Электрическая схема прибора для механохронометража.

А:  $R_1$  — переменное сопротивление (470 Ом) датчика механограммы;  $R_2$  — переменное сопротивление (470 Ом) для балансировки моста;  $R_3$  — переменное сопротивление для установки номинального напряжения; Б — батарея, mA — чернильнопишущий миллиампервольтметр типа Н-370 АМ; D — датчик механограммы;  $V_1$ ,  $V_2$  — клеммы для подключения вольтметра.

Б: положение датчика при записи механограммы движений.



### Методы определения количества движений, их скоростей, траекторий

Большие трудности представляет оценка скоростей, траекторий и количества движений руками или ногами, производимых при обслуживании того или иного производственного оборудования. Здесь используются тензометрические (регистрация усилий и временных характеристик) и потенциометрические датчики (регистрация биомеханических параметров, перемещений органов управления), требующие применения специальных усилительных и регистрирующих установок.

В качестве примера такой установки опишем установку для микрохронометража, предложенную П. И. Гу-



менером. В ней использован реостатный датчик, включенный в мостовую схему, и регистрирующий прибор (рис. 4, А). Датчик состоит из переменного сопротивления (470 Ом), на ось которого крепится одна планка, а к основной части сопротивления — вторая планка. Одна планка датчика, вдоль которой укреплены провода, закрепляется на плече оператора, а вторая — на предплечье таким образом, чтобы ось переменного сопротивления совпала с осью локтевого сустава (рис. 4, Б). Три многожильных провода сплетены в общий жгут длиной 2 м, который заканчивается разъемом. При необходимости кратковременного отключения оператора от прибора можно не снимать датчик, а лишь произвести разъединение в месте разъема. Это особенно удобно, если проводится учет не всей работы оператора, а лишь отдельных ее моментов. Провода от датчика к регистрирующему прибору могут быть любой длины (20—30 м и более). Регистратором является чернильнопишущий ампервольтметр Н-370 или Н-375. Прибор этот прост и может быть собран собственными силами в любой лаборатории. На рис. 5 представлен вид записей разнообразных трудовых операций.

В случае необходимости из таких одноканальных установок может быть легко собрана многоканальная установка для группового механохронометража (рис. 6), с помощью которой можно одновременно обследовать нескольких операторов или вести запись работы нескольких суставов. Многоканальная установка состоит из 8—14 реостатных датчиков и шлейфного осциллографа Н-102 или Н-700, включаемых в клеммы I—II, III и т. д. (см. рис. 6). Вид записи при групповом механохронометраже показан на рис. 7. В этом варианте прибора обработка механохронограмм производится вручную. Однако П. И. Гуменером описан и прибор для автоматической регистрации механохронограмм (1967).

Для регистрации движения суставов и учета мышц, осуществляющих движение, с успехом может применяться тензомиографический метод определения мышечного напряжения при работе с различными органами управления, разработанный В. И. Головань (1972). По этому методу напряжение мышц в условиях естественного трудового процесса регистрируется с помощью тензорезисторных датчиков, укрепленных на коже испытуемых над изучаемыми мышцами при помощи лейкопластыря. Дат-



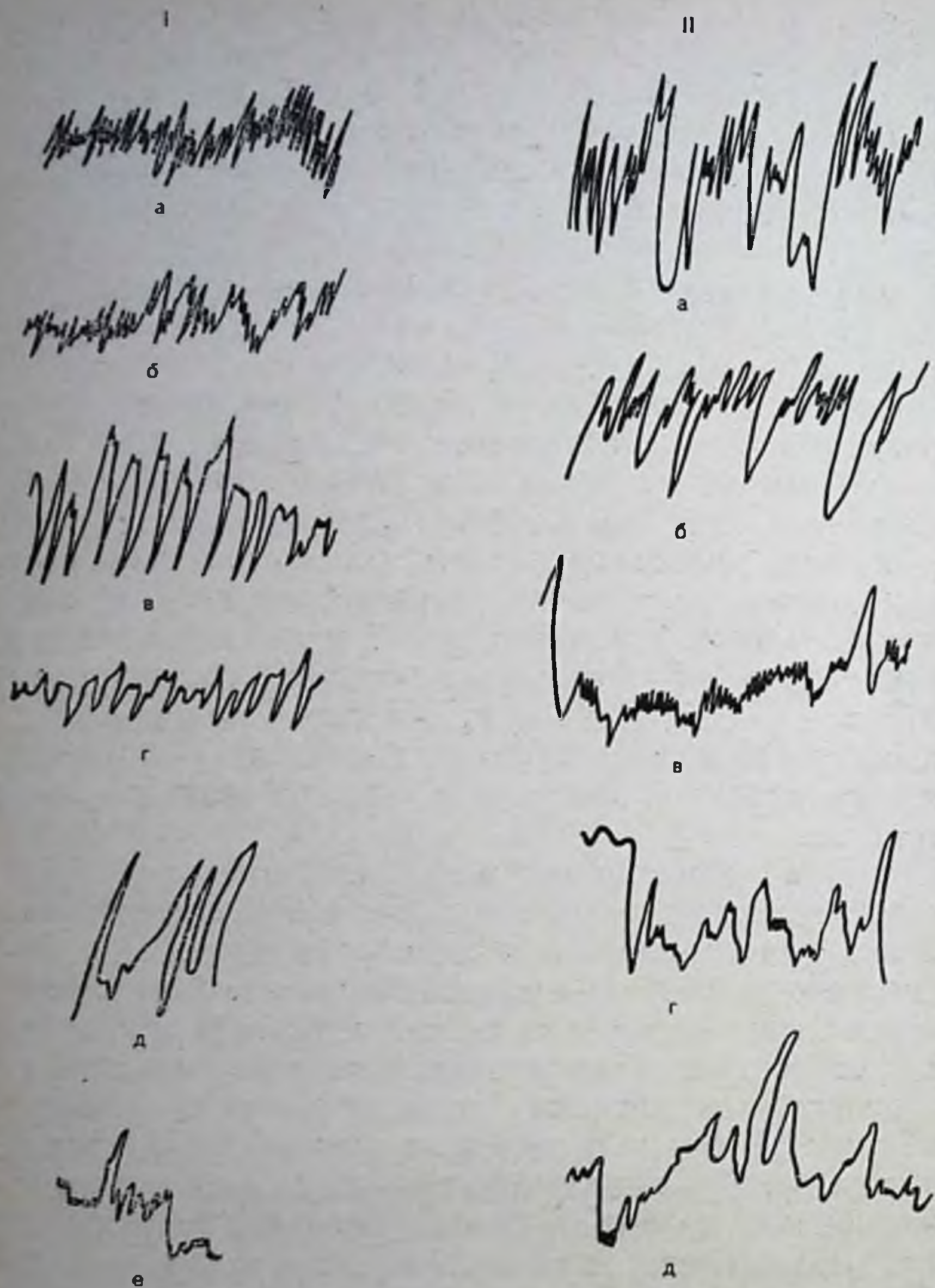


Рис. 5. Механохронометраж рабочих операций в слесарной (I) и столярной (II) мастерских.

I — основные операции: а — опиливание; б, в — рубка; г — работа молотком по жести; вспомогательные операции: д — закрепление в тиски; е — измерение. II — основные операции: а — работа рубанком; б — распиливание; в — опиливание; вспомогательные операции: г — зачистка шкуркой; д — измерение.

чики укрепляются достаточно плотно, чтобы не было скольжения по поверхности кожи, однако не настолько, чтобы стеснять движения сустава и нарушать кровооб-



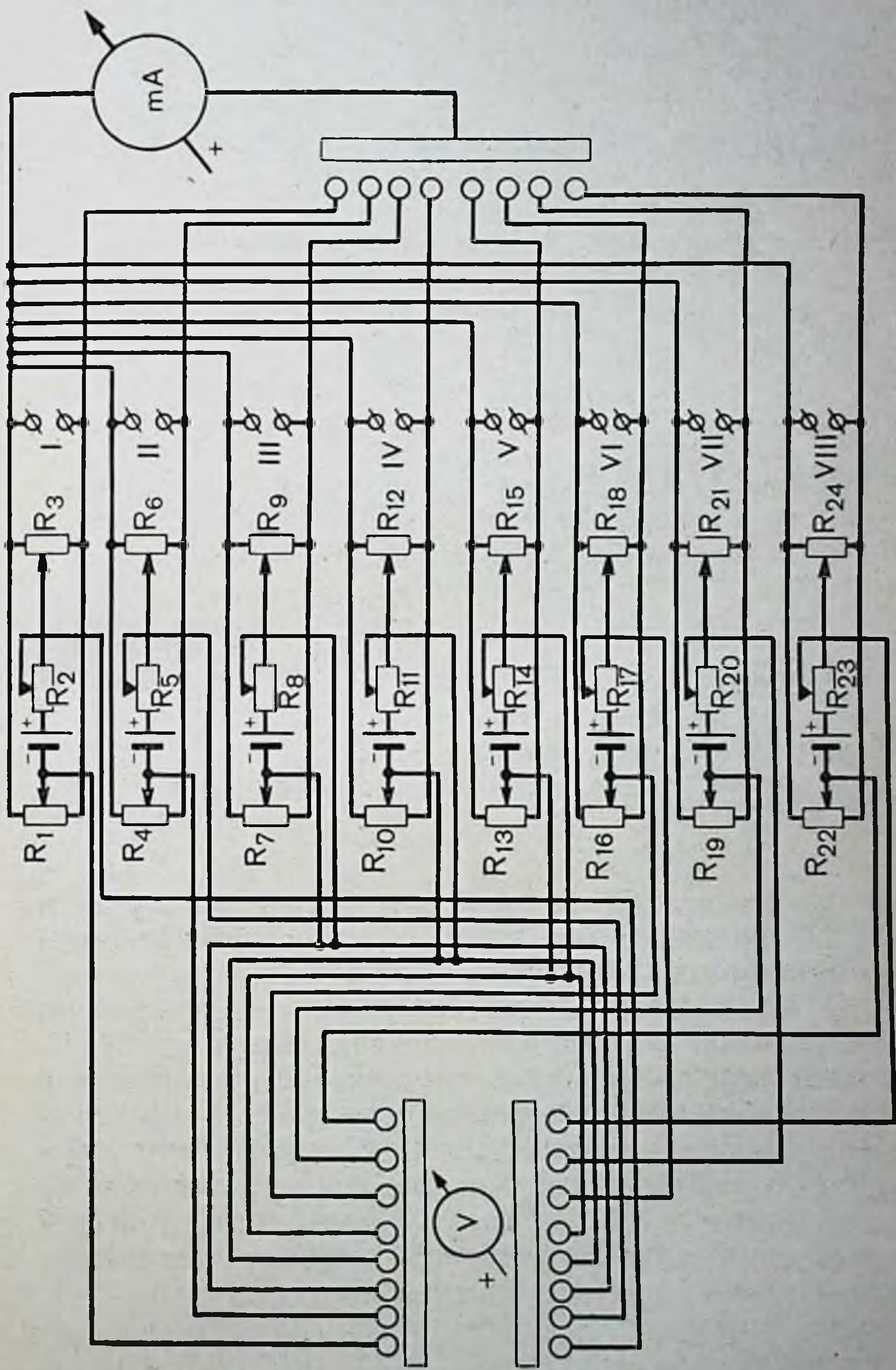


Рис. 6. Схема прибора для группового механохронометража «ГМ-1».



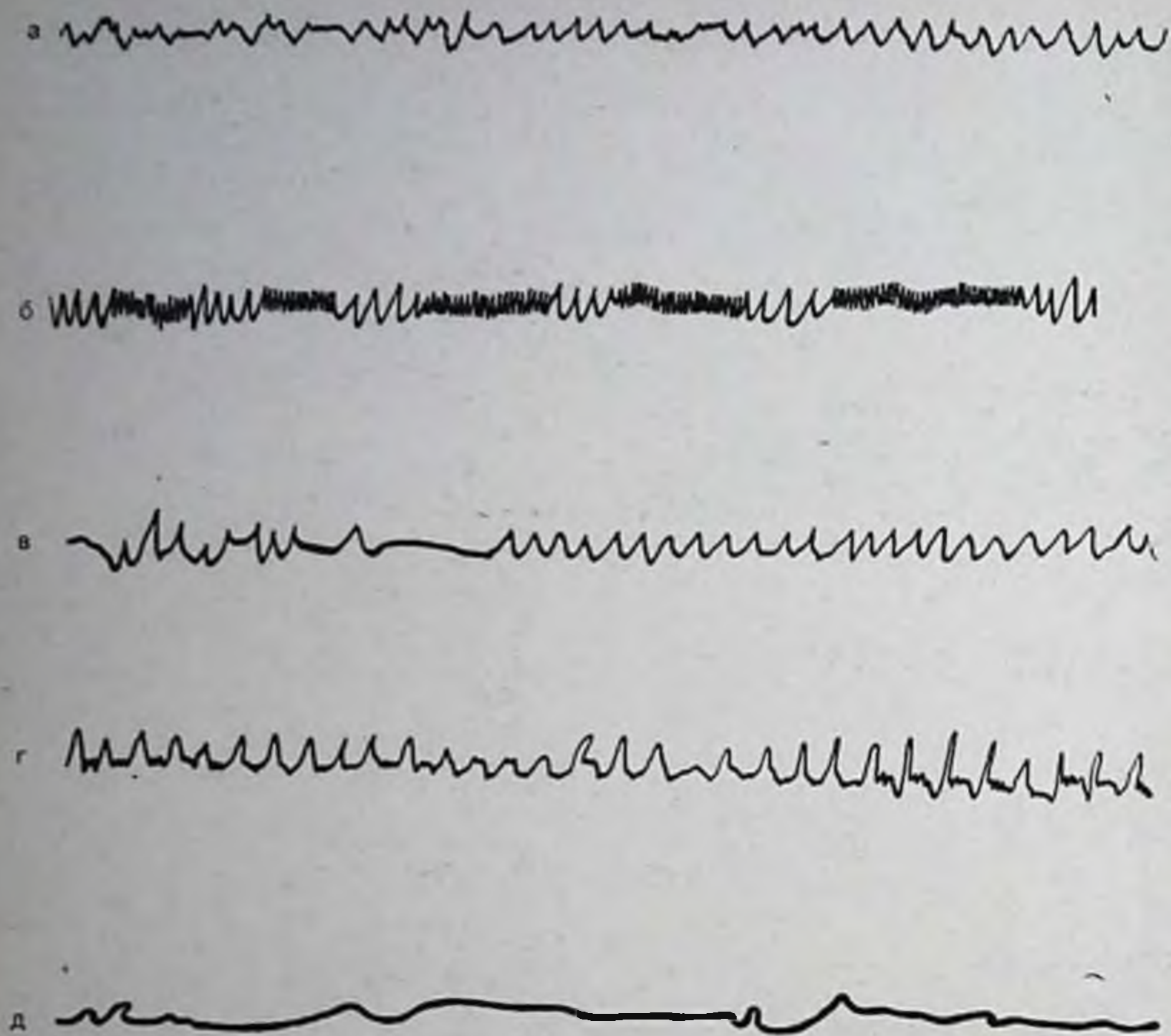


Рис. 7. Групповой механохронометраж.

а — распиливание металла; б — рубка; в — распиливание древесины; г — строгание; д — измерение детали.

ращение в мышце. Свободное перемещение испытуемого в зоне обслуживания машины обеспечивается легким кабелем длиной до 25 м, разъем которого фиксируется на поясе. Для усиления электрического сигнала, снимаемого с тензодатчиков, применяется усилитель типа ТА-5. Изменение напряжения тензодатчиков регистрируется с помощью многокомпонентного осциллографа К-12-21, являющегося универсальным магнитоэлектрическим прибором с оптической записью на фотоленте. Тензомиографический метод позволяет получать данные, характеризующие напряжение и степень участия различных мышечных групп при выполнении трудовых движений, количество выполняемой работы, ритм движений и динамику развития утомления.

При проведении биомеханических наблюдений у человека в исследованиях по эргономике нередко возникает



необходимость знать число движений рук. Н. А. Коханова и Г. И. Бархаш (1972) применили для этой цели обыкновенный шагомер. Шагомеры, как известно, отсчитывают число шагов у человека, регистрируя возникающие при ходьбе толчки в вертикальном направлении. Н. А. Коханова и Г. И. Бархаш приспособили шагомеры для регистрации числа движений рук как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Для регистрации горизонтальных движений в шагомере снимали пружину со столбика (рис. 8, А, а), в результате чего имевшийся в нем грузик (рис. 8, А, б) мог перемещаться в горизонтальной плоскости и включать счетчик. Для проведения исследований на дистальном отделе предплечья правой и левой руки укрепляются по два шагомера. Один из них располагается на тыльной стороне предплечья и регистрирует горизонтальные движения, другой — перпендикулярно к первому для учитывания вертикальных движений рук. Для удобства прикрепления шагомеров на руках они вкладываются в специальный чехол, шагомеры при этом обращены друг к другу головками сброса показаний (рис. 8, Б). Этот способ применен авторами для регистрации числа движений рук у двух групп шлифовальщиков, выполнявших круглое и шлицевое шлифование. Исследования показали, что при круглом шлифовании число вертикальных движений для обеих рук составляло за смену в среднем 6260, горизонтальных — 6058, а при шлицевом шлифовании число вертикальных движений было в среднем 4063, горизонтальных — 5110. Почасовая динамика этих данных представлена на рис. 8, В. Полученные данные являются дополнительной объективной характеристикой активности двигательного аппарата человека в процессе трудовой деятельности на протяжении смены.

**Циклография**<sup>1</sup>. Более точная биомеханическая оценка движений различных суставов тела при эргономических исследованиях может быть произведена с помощью циклографии. Циклография дает возможность определить все главные биомеханические показатели движения суставов — траекторию, скорость, ускорение, мышечные усилия.

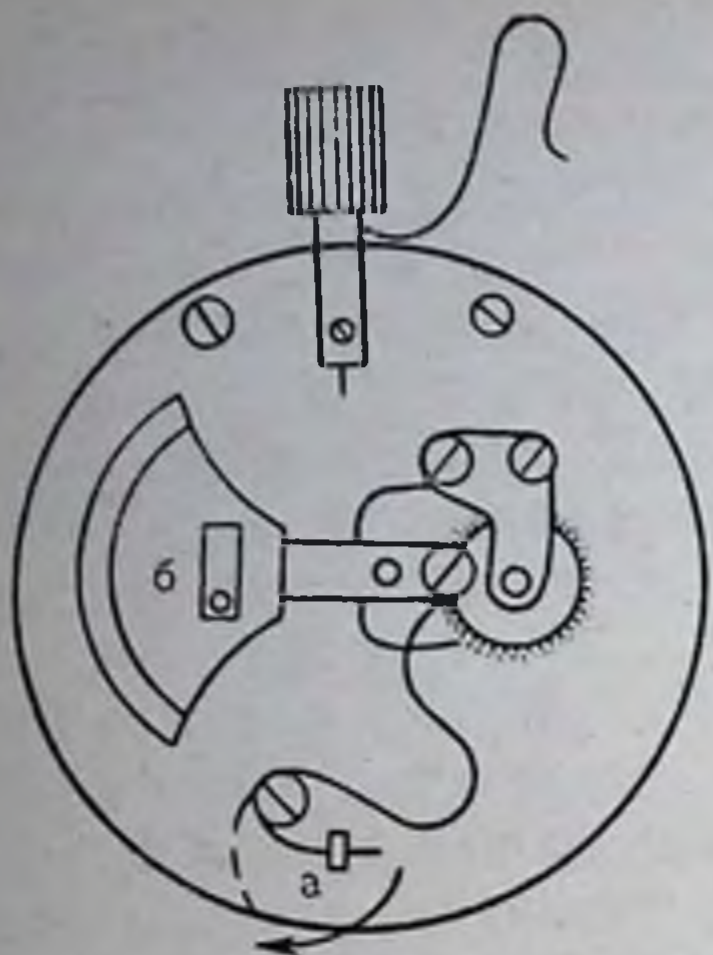
Сущность циклографического метода состоит в регистрации точечных изображений траектории движения.

<sup>1</sup> Настоящее описание дано по книге: «Практикум по физиологии труда». (Под ред. К. С. Точилова). Изд. ЛГУ, 1970.

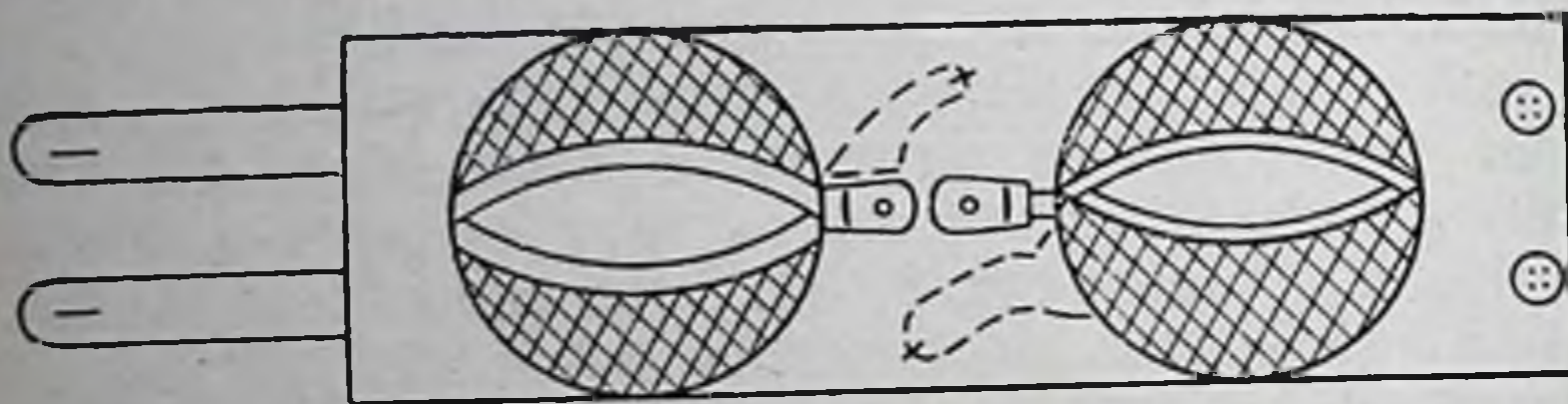


Рис. 8. Применение шагомера для подсчета числа движений рук.

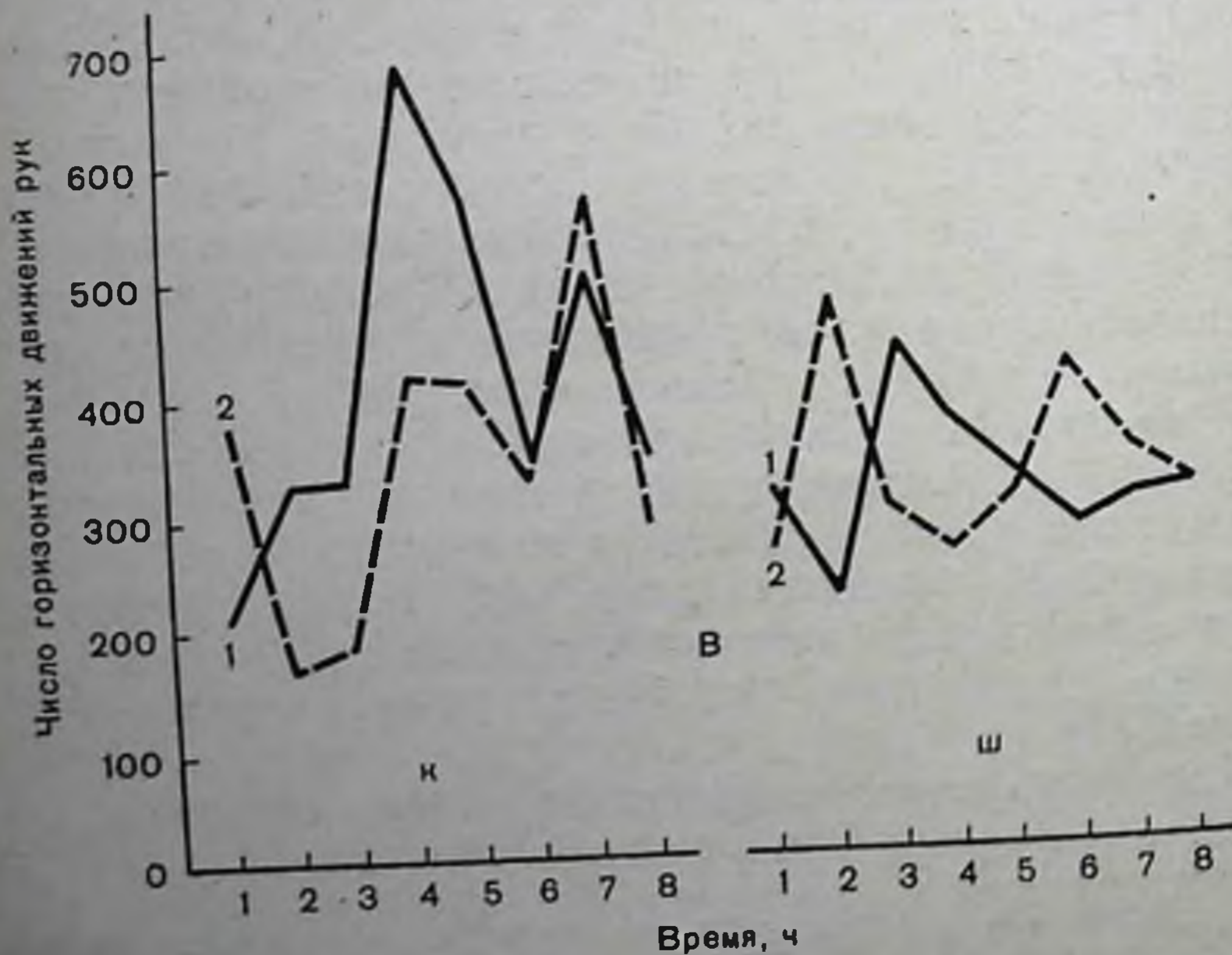
А — переделка шагомера; Б — устройство для закрепления двух шагомеров; В — динамика числа движений рук в горизонтальном направлении у рабочих, выполнявших круглое (к) и шлицевое (ш) шлифование на протяжении смены. 1 — правая рука; 2 — левая рука.



А



Б





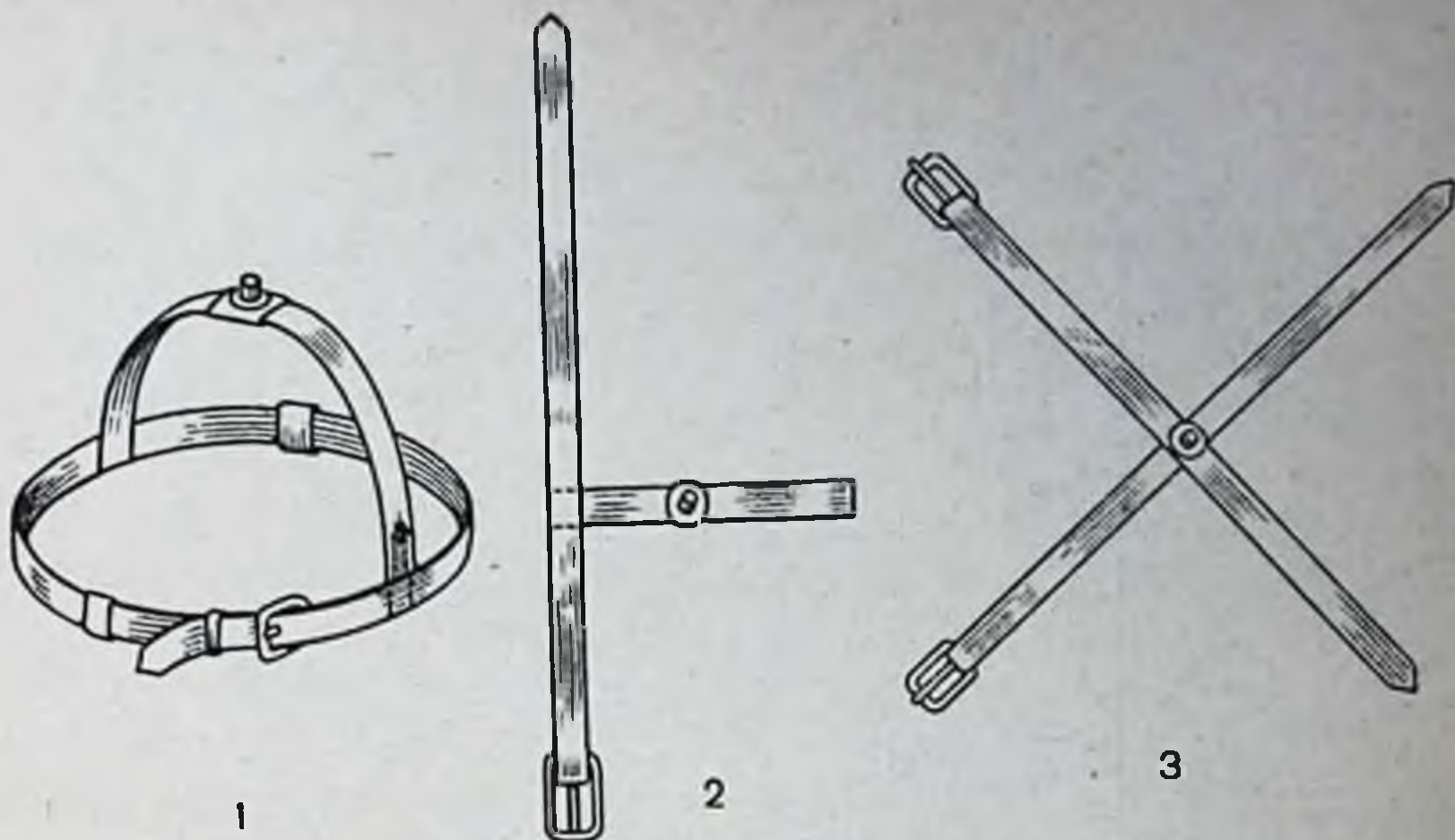
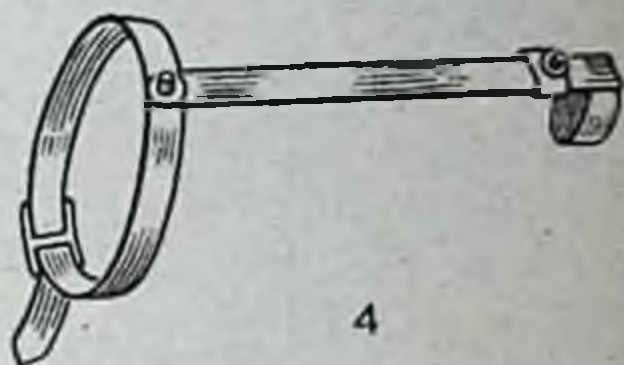


Рис. 9. Схема покроя шлеек для разных частей тела.

1 — для головы; 2 — для плечевого сустава; 3 — для локтевого сустава; 4 — для запястья и для точки, соответствующей положению центра тяжести кисти.



Для этого к изучаемым точкам тела прикрепляют лампочки (от карманного фонаря), свет от которых периодически прерывается с помощью специального устройства — обтюратора. При киносъемке роль обтюратора играют последовательно снимаемые кадры.

Наиболее удобными для крепления лампочек на теле исследуемого при циклографической съемке являются резиновые шлейки с патрончиками (рис. 9). Лампочки помещают над центрами сочленений звеньев; на голове и кисти лампочки укрепляются над центрами тяжести.

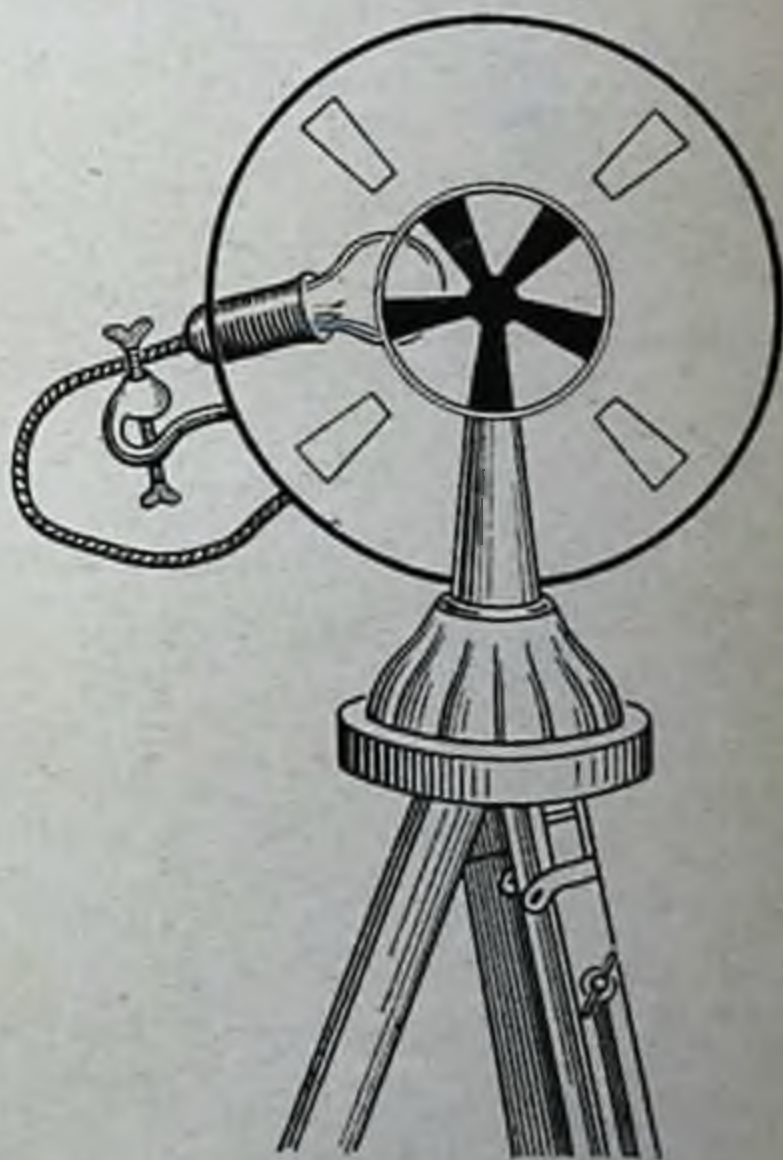
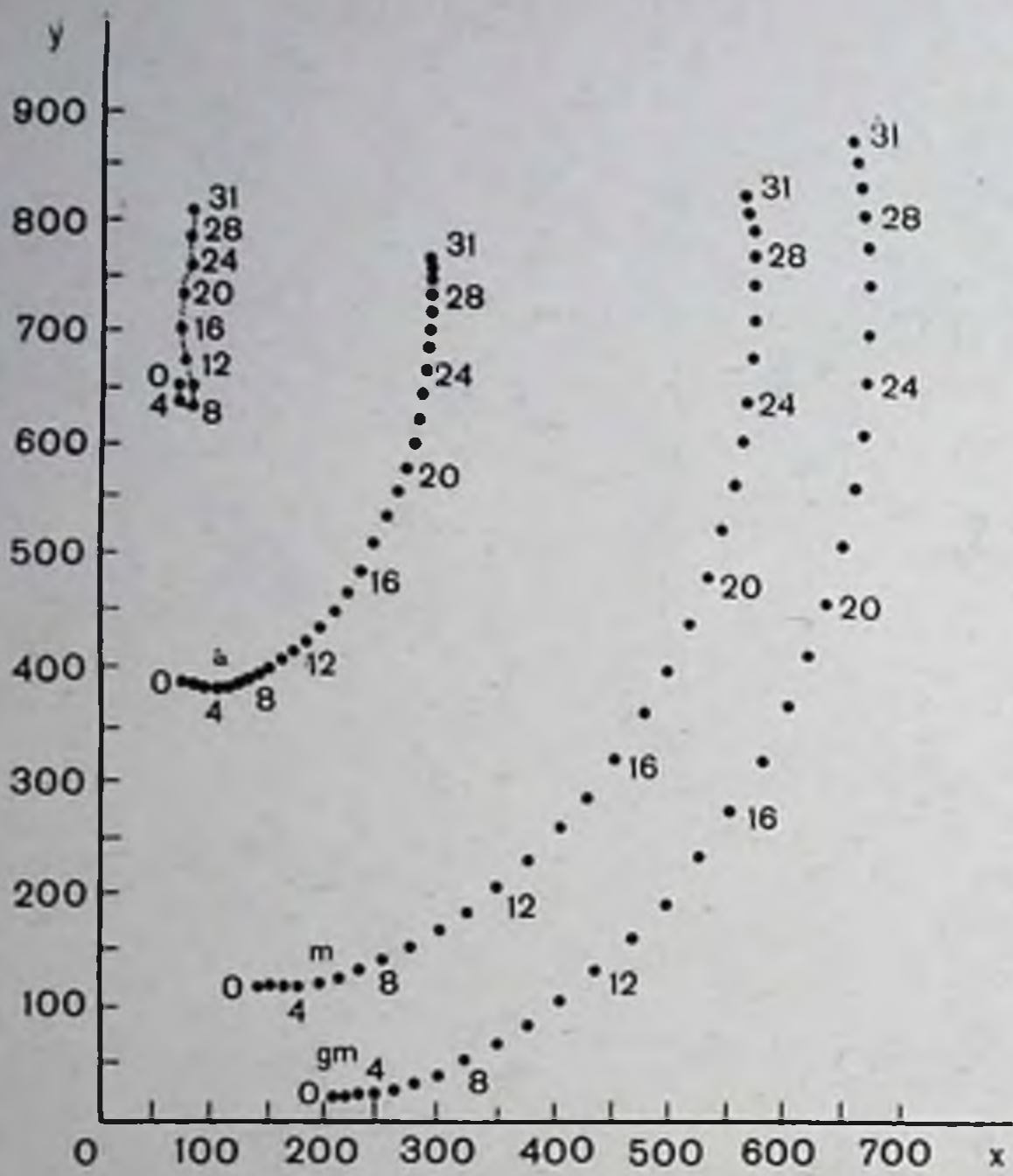


Рис. 10. Обтюратор с розеткой и неоновой лампой.





A

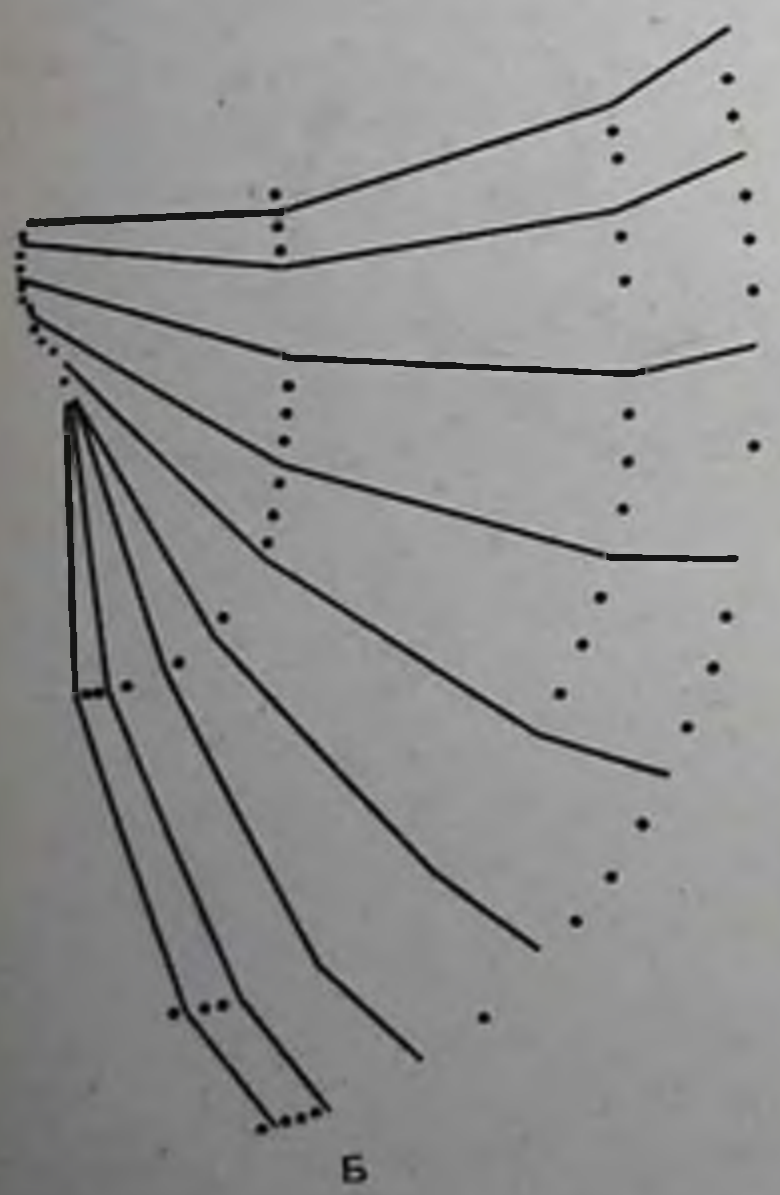


Рис. 11. Фотопромер движения подъема штанги (масштаб 1:5) (А); график последовательных положений звеньев рук при подъеме штанги через интервалы в 0,1 с (при съемке 40 точек в 1 с) (Б).



Необходимой принадлежностью циклографической съемки является обтюратор, который нужен для того, чтобы разбить отдельные движения на фазы — получить хроноциклограмму. Это своеобразный хронометр.

Обтюратор представляет собой круг из картона или мягкого металла. На круге симметрично расположены отверстия; количество их произвольно. Для контроля за постоянством скорости вращения обтюратора служит особое приспособление, состоящее из двух частей: небольшого картонного круга с изображением на нем лучей — так называемой розетки и неоновой лампочки, освещающей розетку (рис. 10). Круг посажен на ось моторчика, который вращает его равномерно. Обтюратор ставят перед объективом фотоаппарата. Вращаясь, круг обтюратора периодически открывает и закрывает объектив. В результате изображение траектории движения на фотоснимке будет состоять из точек (рис. 11, А).

Обязательным условием съемки является постоянство скорости вращения обтюратора. Только при этом можно использовать его в качестве хронометра и точно рассчитать количество заснятых на пленку точек в единицу времени, что покажет общую длительность движения.

Лучи в розетке всегда одинакового размера, отверстия же в обтюраторе неодинаковы: при четырех и пяти отверстиях одно из отверстий делается более узким, при восьми — два узких. Узкие отверстия нужны для синхронизации точек различных траекторий: они служат ориентиром для установления порядковой нумерации. Круг надевают на ту же ось моторчика, на которой укреплен обтюратор. Принцип действия приспособления основан на стробоскопическом эффекте, который в данном случае состоит в том, что лучи розетки дают зрительный эффект неподвижности лишь при определенной скорости вращения обтюратора. Розетка будет казаться неподвижной в том случае, если передвижение очередного луча розетки совпадет с продолжительностью вспышки неоновой лампы ( $1/50$  с). Например, если розетка имела бы только один луч, то, для того чтобы луч казался неподвижным, нужно, чтобы полный оборот розетки произошел за время одного вспышки, т. е. в  $1/50$  с, если два луча —  $2/50$  с и т. д.

Следовательно, чем больше лучей в розетке, тем меньшее количество оборотов должен делать обтюратор для получения стробоскопического эффекта.



Для определения количества точек ( $K$ ), заснятых за 1 с, число отверстий в обтюраторе нужно разделить на количество лучей в розетке и умножить на 50 (число прерываний неоновой лампы в 1 с):

$$K = \frac{d}{e} \cdot 50,$$

где  $d$  — число отверстий в обтюраторе;  $e$  — число лучей в розетке.

Показатель  $K$  является основным при съемке, так как он указывает, на какое количество точек разбивается траектория движения в 1 с. Так, если  $K=40$  (например, при  $d=4$  и  $e=5$ ), то каждая точка означает  $1/40$  с, а если в траектории данного движения насчитывается 20 точек, то длительность всего движения равна 0,05 с.

При съемке движений необходимо расположить фотоаппарат по отношению к объекту таким образом, чтобы изображение объекта получилось в центре снимка.

Для съемки необходим масштаб, поэтому перед фотографированием в плоскости движения за исследуемым ставят стойку с двумя лампочками, отстоящими друг от друга на 50 см.

П о р я д о к   р а б о т ы:

- 1) установить фотоаппарат;
- 2) установить перед объективом обтюратор, получив с помощью реостата нужную скорость вращения обтюратора, и добиться стробоскопического эффекта;
- 3) установить в удобном положении вблизи от экспериментатора электрораспределительный ящик;
- 4) надеть на исследуемого пояс и соединить его с электрораспределительным ящиком;
- 5) подготовить исследуемого к съемке. Для этого укрепить лампочки с помощью шлеек на плечевом, локтевом, лучезапястном суставах и в центре тяжести кисти на одной из рук для съемки в профиль;
- 6) измерить и записать расстояние между лампочками на всех звеньях, используя следующие условные обозначения: для плеча  $b-a$ , для предплечья  $a-m$ , для кисти  $m-gm$ , где  $b$  — лампочка плечевого сочленения,  $a$  — локтевого,  $m$  — лучезапястного,  $gm$  — центр тяжести кисти;
- 7) произвести съемку нескольких движений, проявить и отпечатать в масштабе  $1/5$  действительной величины траектории;



8) вновь измерить и записать расстояния между лампочками снимаемых звеньев тела.

Основным документом для обработки является фотопромер (см. рис. 11, А). Его получают с негатива, проектируя циклограммы на миллиметровую бумагу через фотоувеличитель.

Для получения фотопромера необходимо:

1) совместить масштабные точки с жирной линией миллиметровой бумаги;

2) выбрать масштаб, например  $1/5$  или  $1/10$ , следовательно, расстояние между масштабными точками на миллиметровой бумаге должно равняться 10 или 5 см, так как в действительности это расстояние было равно 50 см;

3) на миллиметровой бумаге четко воспроизвести точки траекторий движения тонким карандашом;

4) пронумеровать точки траекторий: центра тяжести кисти и центров лучезапястного, локтевого и плечевого суставов; порядковый номер ставить у каждой четвертой точки: 0, 4, 8 и т. д. (при съемке 40 точек в 1 с каждая четвертая точка показывает изменение времени на 0,1 с);

5) провести на фотопромере координаты  $x$  и  $y$  так, чтобы все точки попали между двумя осями;

6) обозначить координаты в величинах натуральных значений, приняв в расчет масштаб.

*Пример.* Если снимок уменьшен в 5 раз (масштаб  $1/5$ ) значение координат нужно увеличить в 5 раз (10 мм вмещают в себя 50 мм в натуре).

В таком виде фотопромер готов для обработки.

**Обработка фотопромера. 1.** Определить общую длительность движения. Для этого нужно знать количество точек, снимаемых в 1 с.

*Пример.* Если на дистальной траектории (gm) насчитывается 31 точка, то при количестве точек 40 в 1 с длительность движения равна  $31/40$  с, или 0,775 с. Дистальная траектория берется потому, что на траекториях проксимальных звеньев точки могут сливаться вследствие меньшей скорости.

**2.** Определить среднюю скорость (приблизленно) движения по дистальной траектории — в данном случае движения центра тяжести кисти с грузом. Для этого с помощью курвиметра или нити промеряют траекторию центра тяжести кисти. Полученную величину в соответст-



нии с масштабом приводят к натуральному значению и делят на общую длительность движения.

*Пример.* Если траектория центра тяжести кисти на фотопромере в масштабе  $\frac{1}{5}$  равнялась 139 см, а длительность движения —  $\frac{31}{40}$  с, тогда натуральная величина траектории равна 695 мм, а средняя скорость

$$\frac{695 \times 40}{31} = 900 \text{ мм/с.}$$

3. Составить график последовательных положений звеньев тела. Для этого переносят с фотопромера на кальку пронумерованные точки всех траекторий и соединяют их прямыми линиями (рис. 11, Б). Если количество точек, снимаемых в 1 с, равно 40, то график последовательных положений звеньев рациональнее представить, соединяя каждую четвертую точку всех звеньев. Тогда мы получим при движении подъема штанги изменение позы руки исследуемого через каждую 0,1 с.

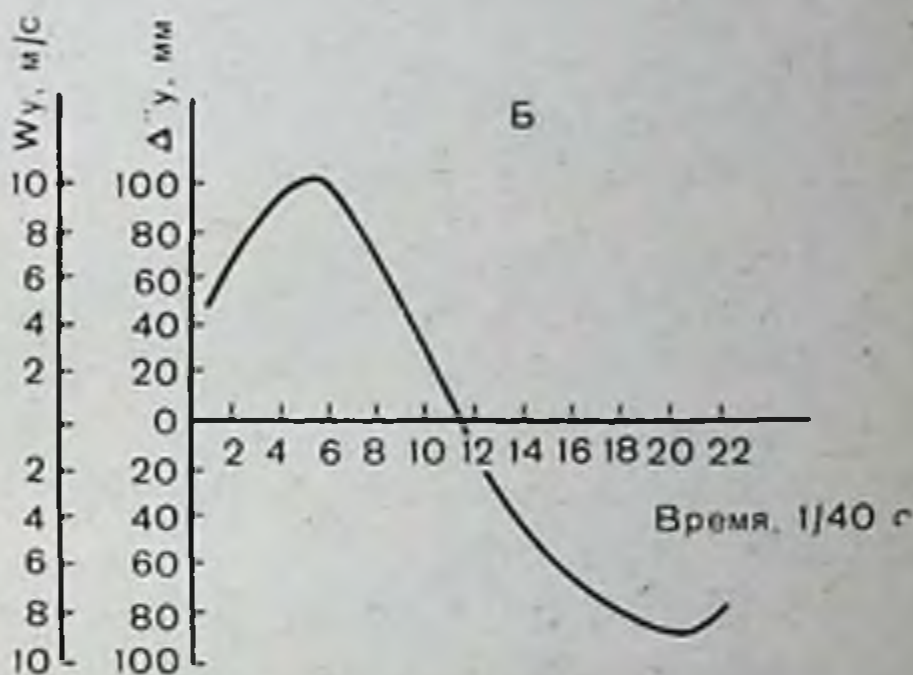
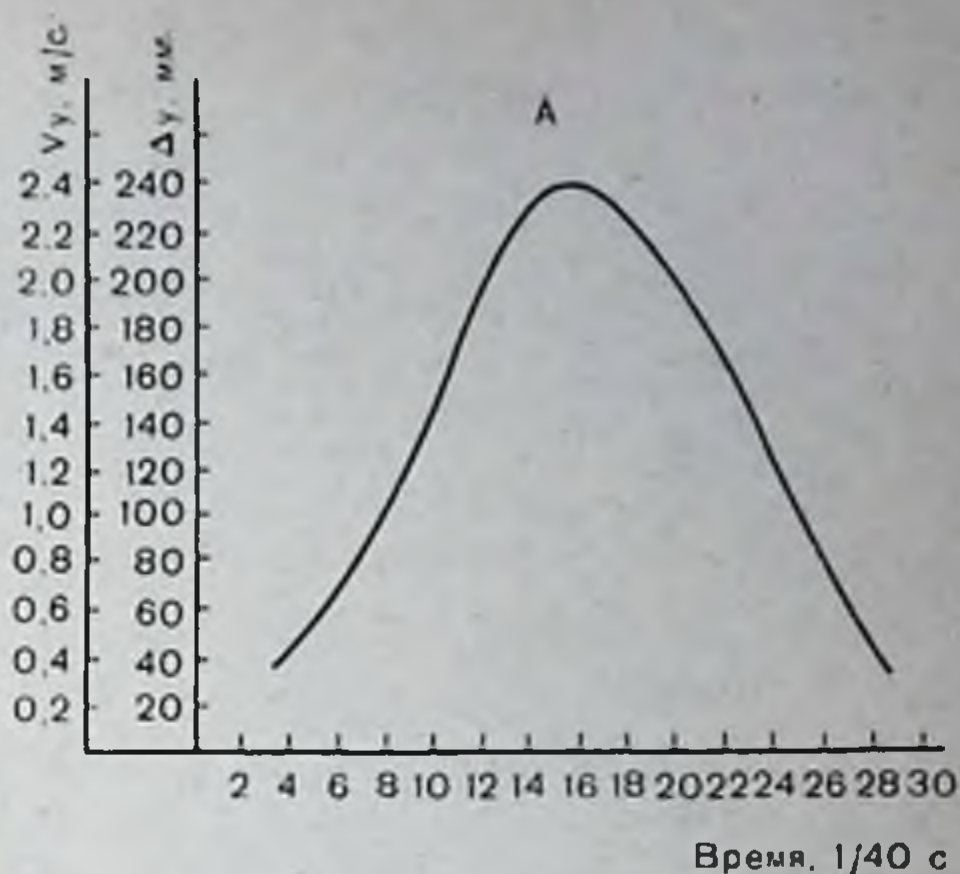
4. Рассчитать величину углов и составить график движения лучезапястного и локтевого суставов. Это позволит установить, выполнено ли движение по инструкции (например, при подъеме штанги на вытянутых руках локтевой и лучезапястный углы должны быть равны  $180^\circ$ ). Этот расчет делают на графике последовательных положений звеньев. Для этого транспортир устанавливают центром в вершину измеряемого угла и прямой стороной вдоль оси проксимального звена. По полученным данным строят график (рис. 12, А): на абсциссе откладывают порядковые номера точек (т. е. время), а ординате — величины углов в градусах.

5. Произвести считку координат точек траектории  $gm$ ; траектория  $gm$  берется потому, что кинематографические характеристики движения (скорости и ускорения) по дистальной траектории лучшим образом характеризует это движение. Определить координаты ( $x$  и  $y$ ) каждой точки на фотопромере. Измерение координат производят с точностью до 5 мм натуральной величины при масштабе  $\frac{1}{5}$  (1 мм на фотопромере). Данные занести в таблицу. Эти данные покажут, как протекало движение через каждую сороковую долю секунды.

6. Произвести расчет скоростей по составляющим  $x$  и  $y$ . Для этого нужно найти разности между значениями координат точек (так называемые первые разности —  $\Delta'$ ). Первые разности подсчитывают для промежутка в



Рис. 12. Параметрический график первых разностей и скоростей по составляющей  $y$  (А). Параметрический график вторых разностей и ускорений по составляющей  $y$  (Б).



четыре точки, т. е. из координаты точки 4 вычитают координату точки 0 и со своим знаком записывают против координаты точки 2, далее из координаты точки 5 вычитают данные точки 1 и результат записывают против точки 3 и т. д. до конца. При этом удобно пользоваться шаблоном (см. рис. 12, А). Данные заносят в таблицу, а затем на график первых разностей по составляющим движения ( $x$  и  $y$ ).

Переход от первых разностей ( $\Delta'$ ) к значениям скоростей, например по составляющей  $y$  ( $V_y$ ), делается по следующей формуле:

$$V_y = \frac{\Delta' y \gamma}{\beta \times 1000} \text{ м/с,}$$

где  $\beta$  — интервал между координатами точек (в нашем случае 4);  $\gamma$  — число точек в 1 с (в нашем случае 40); 1000 — для перевода миллиметров в метры.



*Пример.* Если первая разность ( $\Delta'$ ) равна 20 мм, то скорость по составляющей  $y$  движения в данный момент времени будет:

$$V_y = \frac{20 \times 40}{4 \times 1000} = 0,2 \text{ м/с.}$$

Аналогичные расчеты производят по составляющей  $x$  и переносят их на график.

Можно не рассчитывать скорости для каждой точки траектории. Достаточно на график первых разностей нанести дополнительную шкалу скоростей через рассчитанные по формуле интервалы, соответствующие значениям первых разностей.

7. Произвести расчет ускорений. Ускорение ( $W$ ), т. е. меру изменения скорости движения, можно рассматривать как скорость изменения скорости. Поэтому все рассуждения, сделанные по поводу скоростей, можно перенести на ускорение, при этом аналогично понятию о первых разностях вводят понятие о вторых разностях ( $\Delta''$ ).

Исходными данными для расчета вторых разностей являются первые разности. Вторые разности рассчитывают также через четыре точки, но не по фотопромеру, а по данным первых разностей. Полученные значения заносят в таблицу.

Переход от вторых разностей к значениям ускорений ( $W$ ) производится по следующей формуле:

$$W_y = \frac{\Delta''_y \cdot \gamma^2}{\beta^2 \times 1000} \text{ м/с}^2.$$

Подобно графику первых разностей составляют график вторых разностей (рис. 12, Б) и наносят на нем дополнительную шкалу для значений ускорений (в  $\text{м/с}^2$ ), рассчитанных по формуле.

Этим заканчиваются кинематические характеристики движения.

8. Произвести расчет динамической характеристики — мышечных усилий, направленных на преодоление силы инерции и силы тяжести.

Сила инерции ( $F_1$ ) равна по величине массе звена ( $m$ ), равной весу звена ( $gm$ ), деленному на ускорение силы тяжести ( $981 \text{ см/с}^2$ ). Сила инерции противодействует движению по обеим ее составляющим —  $x$  и  $y$  (вперед и вверх).

Мышечное усилие ( $F$ ) выражается в килограммах. В случае преодоления силы тяжести



$$F_p = p \times W_y,$$

где  $p$  — вес звена, кг;  $W_y$  — ускорение, осуществленное при движении по составляющей  $y$ . По этой формуле рассчитываются усилия, соответствующие ускорениям. Мышечное усилие для преодоления силы инерции ( $F_1$ ) должно быть приложено к обеим составляющим движения —  $x$  и  $y$ . Оно также выражается в килограммах.

$$F_1 = F_{1x} + F_{1y}.$$

При этом

$$F_x = mW_x \text{ и } F_y = mW_y,$$

где  $m$  — масса звена со штангой,  $W_x$  и  $W_y$  — ускорение, осуществляемое при движении по составляющим  $x$  и  $y$ .

Таким образом, суммарное усилие по составляющей  $y$  равно сумме усилий  $F_p + F_1$ , а по составляющей  $x$  действует только  $F_1$ .

Мы ограничиваемся характеристикой мышечных усилий лишь по составляющей движение  $y$  в связи с тем, что и кинематические характеристики скорости и ускорения также анализируются лишь по составляющей  $y$ . Абсолютные значения указанных выше величин получаются по известным формулам, например для скорости в каждой точке имеем  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ ; для ускорения  $W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$ .

9. Динамическая характеристика движения выражается величиной мышечных усилий, приложенных к центру тяжести звена (в нашем примере к центру тяжести кисти со штангой). Этот показатель может быть рассчитан по циклографическим данным, если движению противодействуют только сила тяжести и сила инерции (как в случае подъема штанги).

Сила тяжести равна по величине весу звена и направлена вертикально вниз. Следовательно, мышечные усилия для ее преодоления должны быть направлены по составляющей движения  $y$  вверх.

Описанная выше техника плоскостной циклосъемки имеет в виду зафиксировать отдельные движения или их фазы из серии повторяющихся (иначе движения могут накладываться друг на друга). Если необходимо проанализировать последовательный ряд движений, надо использовать кинокамеру для съемки их на движущуюся плен-



ку (само собою разумеется, что таким способом можно пользоваться и для регистрации отдельных движений или их фаз). При киносъемке надо знать число кадров, снимаемых в 1 с. Фотопромер получают путем нанесения последовательных точек траекторий движения на миллиметровую бумагу, перемещая кадр за кадром через проектор точно на одно и то же место миллиметровки. При этом необходима особая тщательность работы для правильности последующих расчетов.

Преимущество киносъемки заключается в том, что, кроме микроанализа движений, создается возможность наблюдать за разворачиванием движения в замедленном темпе (при высокой частоте кадров), что особенно важно для обучения приемам работы.

**Применение киносъемки для изучения движений.** В исследованиях трудовых процессов киносъемка применяется для определения длительности отдельных приемов и рабочих движений и для оценки степени рациональности рабочих движений, приемов и позы. Длительность отдельных приемов определяется по количеству кадров киноплёнки. Если рабочий прием изображен на 240 кадрах, а скорость съемки составляет 24 кадра в секунду, то длительность приема определяется по расчету:

$$\text{Длительность приема} = \frac{\text{Количество кадров на прием}}{\text{Скорость съемки}} = \frac{240}{24} = 10 \text{ с.}$$

Для оценки рациональности рабочих приемов и позы на экран звукомонтажного или монтажного столика накладывают лист миллиметровой бумаги и на нем отмечают исходные положения обеих рук, затем киноплёнка протягивается на два — три кадра, фиксируется новое положение рук и т. д. Одновременно указывается направление движений и паузы в них. Когда съемка операции закончена, точки, означающие движения рук, соединяют: для левой руки штриховой линией, для правой сплошной. Получается циклограмма движений. После этого при помощи курвиметра измеряют относительную длину путей движения. На рис. 13 показаны циклограммы двух прядильщиц — менее опытной (рис. 13, А) и более опытной (рис. 13, Б). Просчет курвиметром показывает, что длина пути движения менее опытной прядильщицы при ликвидации обрыва нити составляет 130% по отношению к длине пути более опытной прядильщицы.



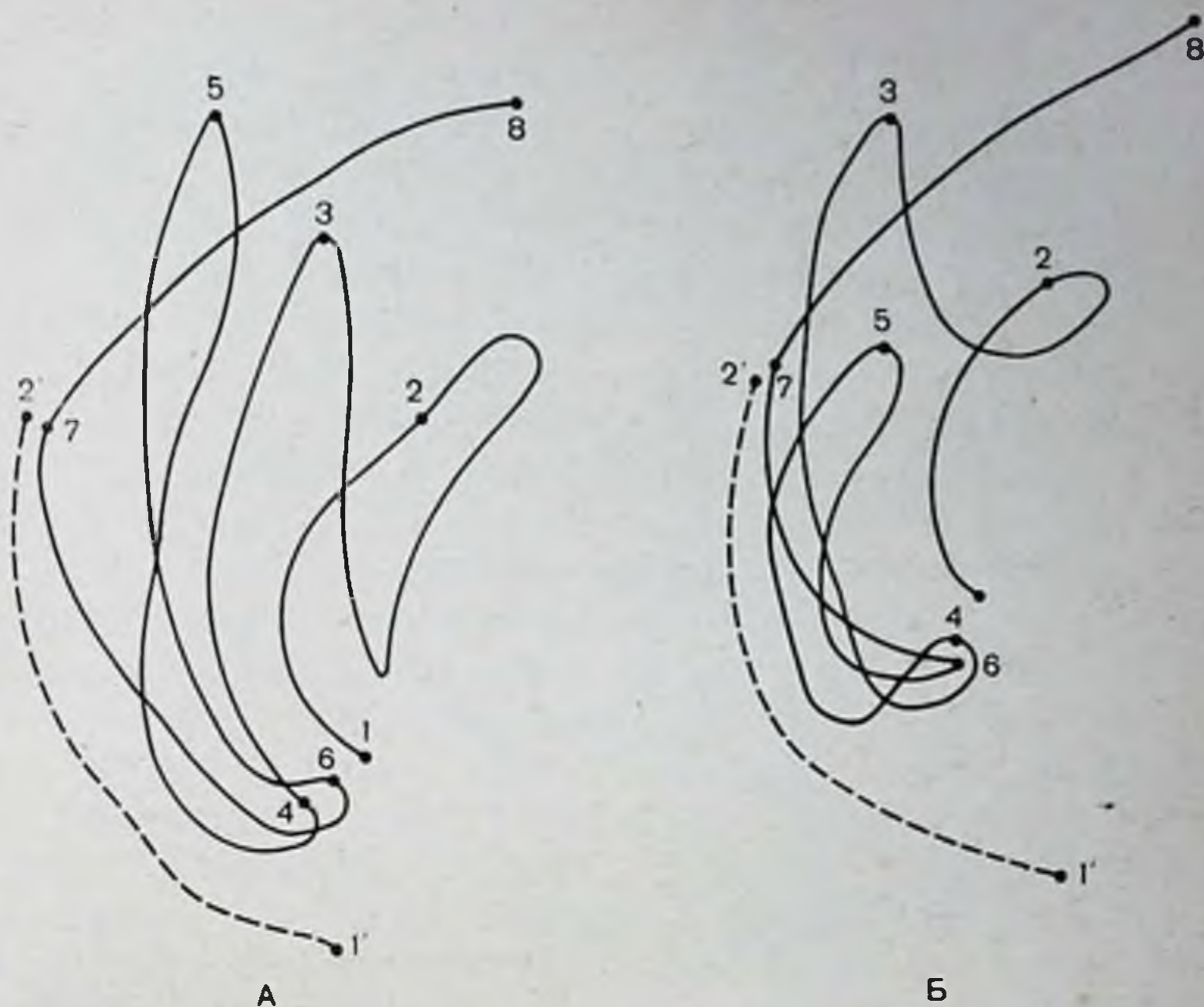


Рис. 13. Циклограмма движений рук менее опытной (А) и более опытной (Б) прядильщицы при ликвидации обрыва нити.

Сплошная линия — движения правой руки; пунктирная — левой.

Соответственно и время ликвидации обрыва у менее опытной на 13,1% больше, чем у более опытной прядильщицы.

Таким путем легко определяется и эффективность обучения передовым приемам работы. Так, у скорняка длина пути движений рук при раскрое шапки после обучения рациональным приемам сократилась с 6 до 4,5 м.

Возможность просматривать кинолентку не один раз позволяет изучить и рационализировать трудовые приемы и движения рук; путем просмотра кинолентки можно выявить и уточнить ненужные, лишние приемы и движения и затем избавиться от них. С. Жунда, автор этой модификации методики, считает, что при помощи периодически включаемой кинокамеры можно пользоваться также методом «моментных наблюдений».

**Измерение усилий.** Измерение усилий, производимых оператором при обслуживании оборудования, является частой необходимостью в эргономических исследовани-





Рис. 14. Расположение тензодатчиков на поверхности ладони по способу М. М. Сперанского.

чиваемых при обслуживании производственного оборудования, разработанный М. М. Сперанским (1972). Он состоит в регистрации величины силы (затрачиваемой ладонью и пальцами руки) при взаимодействии с управляемым рычагом при помощи нескольких плоских миниатюрных датчиков, укрепленных на ладонной поверхности специальной перчатки (рис. 14). При этом предмет, к которому прилагается усилие, может быть любым; рукояткой ручного инструмента, органом управления, обрабатываемым изделием, спортивным снарядом и др. Чувствительным элементом датчика является токопроводящая резина, обладающая свойством уменьшать свое электросопротивление при объемном сжатии. В связи с этим датчик сконструирован таким образом, что обеспечивает объемное сжатие тензометрического элемента силой, перпендикулярной к поверхности датчика. Изменения электросопротивления датчиков, включенных в мостовые схемы, вызывают в последних изменения напряжения, которые усиливаются многоканальным транзисторным усилителем постоянного тока и регистрируются быстродействующим многоканальным

ях. Однако методики этих измерений пока еще несовершенны. Важность и необходимость этих исследований определяется тем, что физиологические исследования показывают прямую зависимость между величиной прилагаемых во время работы мышечных усилий и функциональными сдвигами в организме, так и тем, что измерение усилий, необходимых для управления оборудованием, может служить основанием для разработки рекомендаций по их ограничению. В связи с этим заслуживает внимания метод регистрации усилий, затра-



самописцем с чернильной регистрацией. Конструкция датчика предохраняет регистрирующую систему от записи артефактов, которые могли бы возникнуть из-за движений руки и пальцев. В определенном диапазоне напряжение (ток) на выходе усилителя растет пропорционально приложенной к датчику силе. Количественная оценка (в кг) полученных динамограмм производится по калибровке регистрирующей системы.

Эта методика может быть с успехом применена также и для оценки качества сидений. Качество сиденья зависит от равномерности распределения давления на поверхности ягодичных мышц, определить характер распределения этого давления можно посредством расположения большого количества тензометрических датчиков системы М. М. Сперанского по поверхности сиденья с последующей регистрацией величины давления на разных частях поверхности сиденья. В соответствии с этим распределением давления может быть изменена форма поверхности сиденья, с тем чтобы было достигнуто более равномерное распределение нагрузок на различные части поверхности ягодичных мышц.

Для определения усилий при обслуживании оборудования в ряде случаев могут применяться обычные динамометры. Так, например, динамометры успешно применяются для оценки усилий при повороте штурвалов, рулевых колес и т. д., в частности пружинный динамометр, применяемый Госавтоинспекцией для измерения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса на автомашинах. Этот пружинный динамометр укрепляют на ободе рулевого колеса. Усилие, развиваемое при повороте рулевого колеса за корпус динамометра, показывается на шкале, нанесенной на втулках. Наличие двух пружин позволяет измерять усилия в диапазонах от 0,9 до 2 и от 2 до 10 кг.

Для количественной оценки нагрузок, испытываемых кистью руки в процессе работы Ю. Г. Широковым и В. П. Силантьевым, был предложен метод исследования и сконструирована тензометрическая установка, позволяющая дифференцировать усилия в кг по точкам приложения, выявить нагрузки с учетом времени их действия на мышцы (показатель  $I$ , равный произведению усилия  $P$  кг на время его действия  $t$ :  $I = P \times t$  кг·с) и оценить нагрузки одновременно на многих мышечных группах руки.



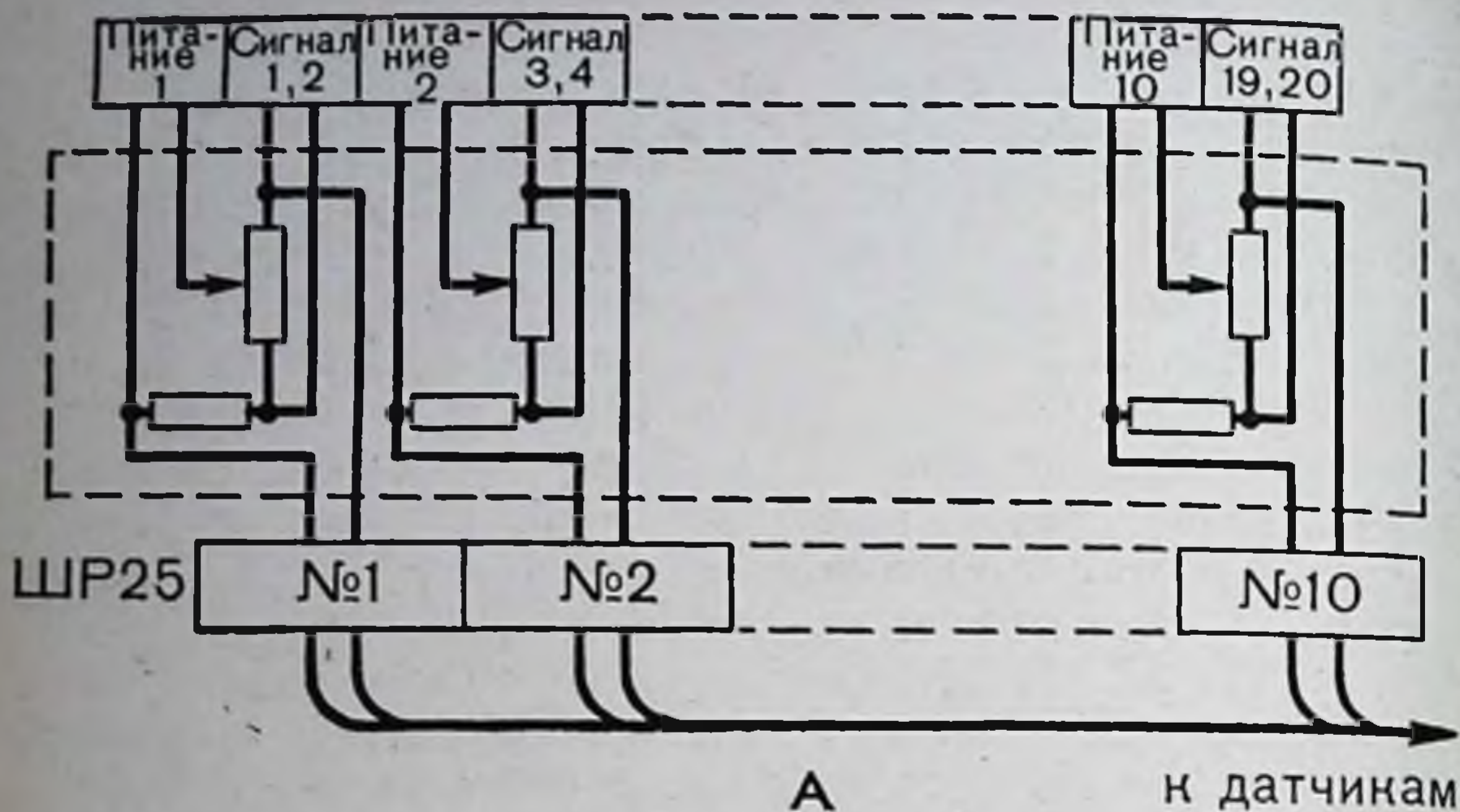


Рис. 15. Схема включения тензодатчиков.

А — мостиковый блок; Б — тензометрическая перчатка; 1—10 тензодатчики.

Определение показателя  $I$  кг·с позволяет охарактеризовать нагрузки как на отдельные мышцы кисти руки, так и на группы мышц в целом в процессе работы.

Схема установки для проведения миотензометрических исследований приведена на рис. 15, А.

В основе предложенного метода лежит измерение усилий с помощью тензометрических преобразователей — тензодатчиков.



Устройство содержит чувствительный элемент, выполненный в виде перчатки (рис. 15, Б), на которой в зоне исследуемых мышц укреплены тонкие металлические пластинки с наклеенными на них тензорезисторами.

Выводы всех тензодатчиков расположены на тыльной стороне перчатки и соединены длинным жгутом при помощи разъема с мостиковым блоком, в котором каждый тензодатчик является плечом соответствующего моста.

Могут быть использованы датчики типа ПКБ, не обладающие гистерезисом, незначительной зависимостью сопротивления  $R$  от температуры  $t^{\circ}\text{C}$ .

Сущность методики заключается в следующем: в процессе выполнения физической работы в результате усилий, испытываемых различными областями руки, электрические сигналы разбаланса мостов поступают раздельно на входы многоканального усилителя постоянного тока — УПТ, с выхода которого подаются на регистрирующий блок (светолучевой осциллограф или самописец).

Перед началом записи производится «тарировка» тензодатчиков с помощью специального приспособления, путем воздействия на них заранее известной силы  $P$  тар · кг.

Анализ миотензограммы может быть как качественным, так и количественным.

Матричная методика оценки организации рабочих мест. Среди методов оценки организации рабочих мест при обслуживании производственного оборудования большое значение имеет метод матричного исследования правильности расположения рукояток, кнопок и других органов на пульте управления.

Главный вопрос, который чаще всего решается методикой матричного исследования, заключается в выяснении того, к какой части и в какой последовательности оператор обращается к разным органам управления. Иначе говоря, решается вопрос о числе и последовательности связей оператора с разными органами управления. Для ответа на этот вопрос органы управления шифруются каким-либо знаком и эти обозначения располагаются на верхней горизонтальной и левой вертикальной гранях матричной таблицы (табл. 4). Затем проводится наблюдение за работой оператора, в ходе которого последовательно учитываются все связи оператора с орга-



нами управления. По окончании наблюдения внизу таблицы подсчитываются суммарные числа связей оператора с разными органами управления и их последовательность.

Из примера матричного исследования, приведенного в табл. 4, видно, что у оператора было больше всего связей с органом управления, зашифрованным под буквой Е. Последовательность поступления этих связей такова,

Таблица 4

Матрица связей

	Органы управления											
	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л
А	—	3	4	2	10	9	8	—	7	—	—	3
В	3	—	1	2	—	5	—	7	—	14	10	—
С	4	1	—	4	20	12	—	15	3	4	—	15
Д	2	2	4	—	7	16	—	10	—	5	9	—
Е	10		20	7	—	7	6	17	21	10	12	—
Ф	9	5	12	16	7	—	8	—	13	—	—	20
Г	8	—	—	—	6	8	—	3	8	20	9	—
Н	—	7	15	10	17	—	3	—	—	18	4	—
І	7	—	3		21	13	8	—	—	5	—	—
Ј	—	14	4	5	10	—	20	18	5	—	—	—
К	—	10	—	9	12	—	9	4	—	—	—	—
Л	3	—	15	—	—	20	—	—	—	—	—	—
Число связей	46	42	78	55	110	90	62	74	57	76	44	38

что они чаще всего объединены последовательным включением органов управления ЕІ, ЕС и т. д. Отсюда можно сделать вывод о том, что орган управления Е должен быть расположен в наиболее оптимальной зоне, а около него должны быть расположены органы управления, к которым чаще всего оператор обращается после оперирования органом управления под шифром Е.

В табл. 5 приведен более простой пример применения метода матричного исследования в отношении оценки рациональности расположения клавиш в обычной печатной машинке. Как видно из таблицы, при существую-



шей системе расположения клавиш нагрузка на разные пальцы (при четырехпальцевой работе каждой руки) колеблется от 296 (мизинец правой руки) до 1535 (безымянный палец левой руки) и 1490 знаков (указательный палец правой руки). Видна очень большая разница в нагрузке на разные руки и разные пальцы. Поэтому клавиши были перераспределены по-новому рациональному порядку, при котором, как видно из табл. 5, была получена более равномерная нагрузка на руки и пальцы. По ходу текста будут представлены и другие случаи применения методики матричного исследования.

Таблица 5

Относительная нагрузка при существующем расположении и рациональном размещении клавиатуры (число ударов каждым пальцем)

Система расположения клавишей	Пальцы левой руки				Пальцы правой руки			
	5	4	3	2	2	3	4	5
Существующая	803	658	1492	1535	1490	640	996	296
Рациональная	855	900	975	1028	1097	1096	991	968

**Определение зоны обзора.** Одним из важных вопросов эргономической оценки оборудования является определение оптимальности зон обзора. Это особенно важно для оценки обзорных качеств тракторов, сельскохозяйственных машин и других самодвижущихся машин. Методика определения обзорных качеств этих машин должна быть направлена на учет характеристик восприятия водителем зрительной информации (переключение внимания и фиксация взглядов на тех или иных объектах наблюдения), физиологических характеристик (количественные данные о движении глаз, головы и туловища водителя в процессе восприятия зрительной информации), технологических требований (требуемая видимость объектов наблюдения при выполнении производственных операций); на характеристику удобства и безопасности входа в кабину и выхода из нее водителя (биомеханические и временные параметры), а также на степень удобства размещения водителя в кабине. В основе этой методики лежит определение количественных и качественных параметров обзорности с помощью панорамного фотографирования и киносъемки.



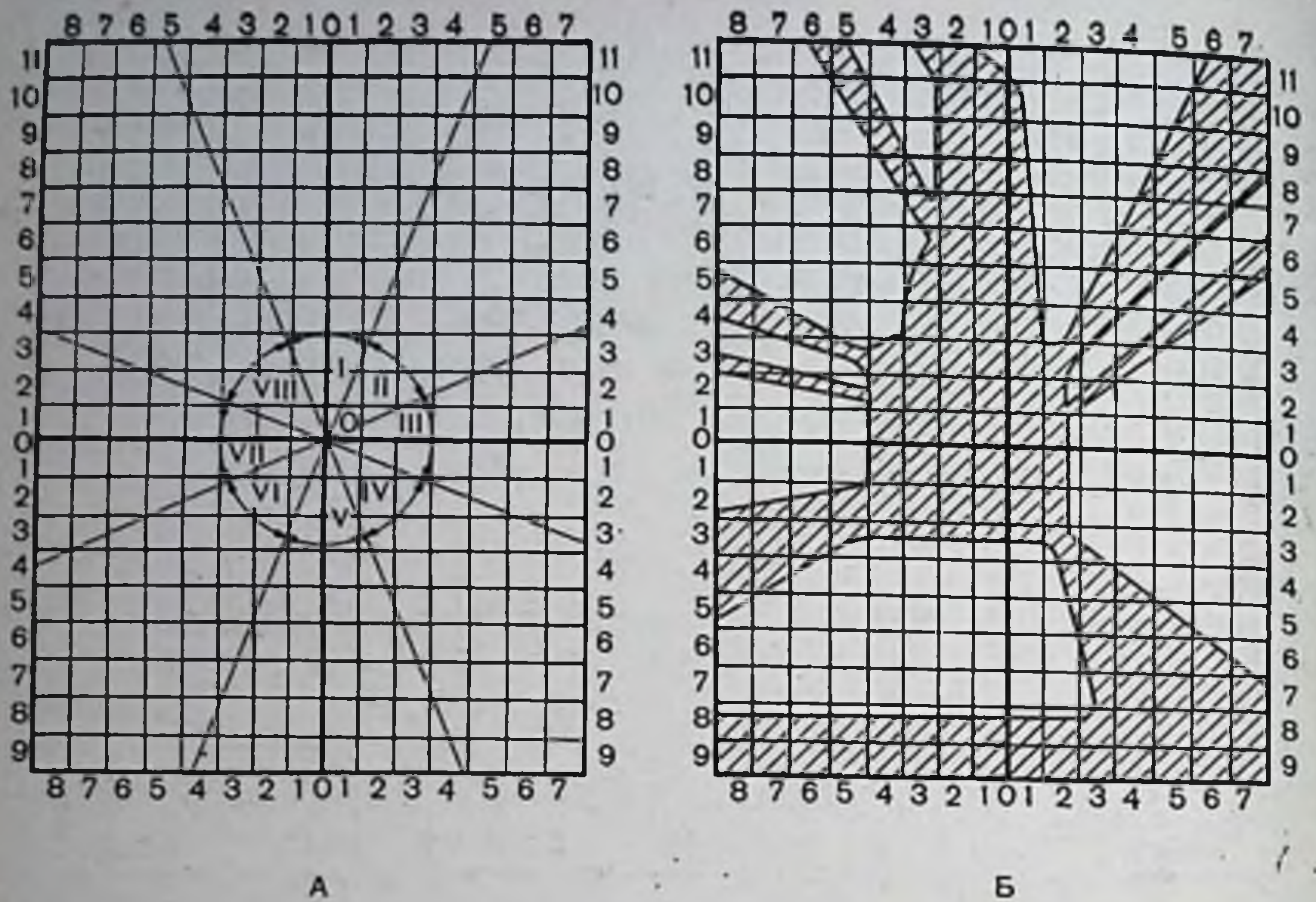


Рис. 16. Координатная сетка размеченной площадки обзорности кабины (А) и схема обзорности с рабочего места (Б).

Заштрихованные участки — невидимая зона.

Сопоставление характеристики восприятия водителем зрительной информации, данных об обзорных качествах машин и технологических требований обзорности позволяет определить оптимальный вариант конструкции кабины и ее компоновки на машине.

При оценке обзорных качеств тракторов определяют углы обзора из кабины в вертикальной и горизонтальной плоскости, поля и площади обзора в угловых и линейных единицах, непросматриваемые из кабины «мертвые зоны», видимость объектов наблюдения из кабины.

Определение параметров обзорности кабины тракторов и сельскохозяйственных машин производится на специальной ровной площадке с нанесенной на нее координатной сеткой (размеры сторон квадрата 1 м, длина площадки 20 м, ширина 15 м) (рис. 16, А, Б) методом панорамного фотографирования с применением панорамного фотоаппарата, специального штатива конструкции НИИАТ, грузов весом 50 кг и измерительного инструмента. Для съемки обзорности трактор или какая-либо другая машина устанавливается на площадку так, что-



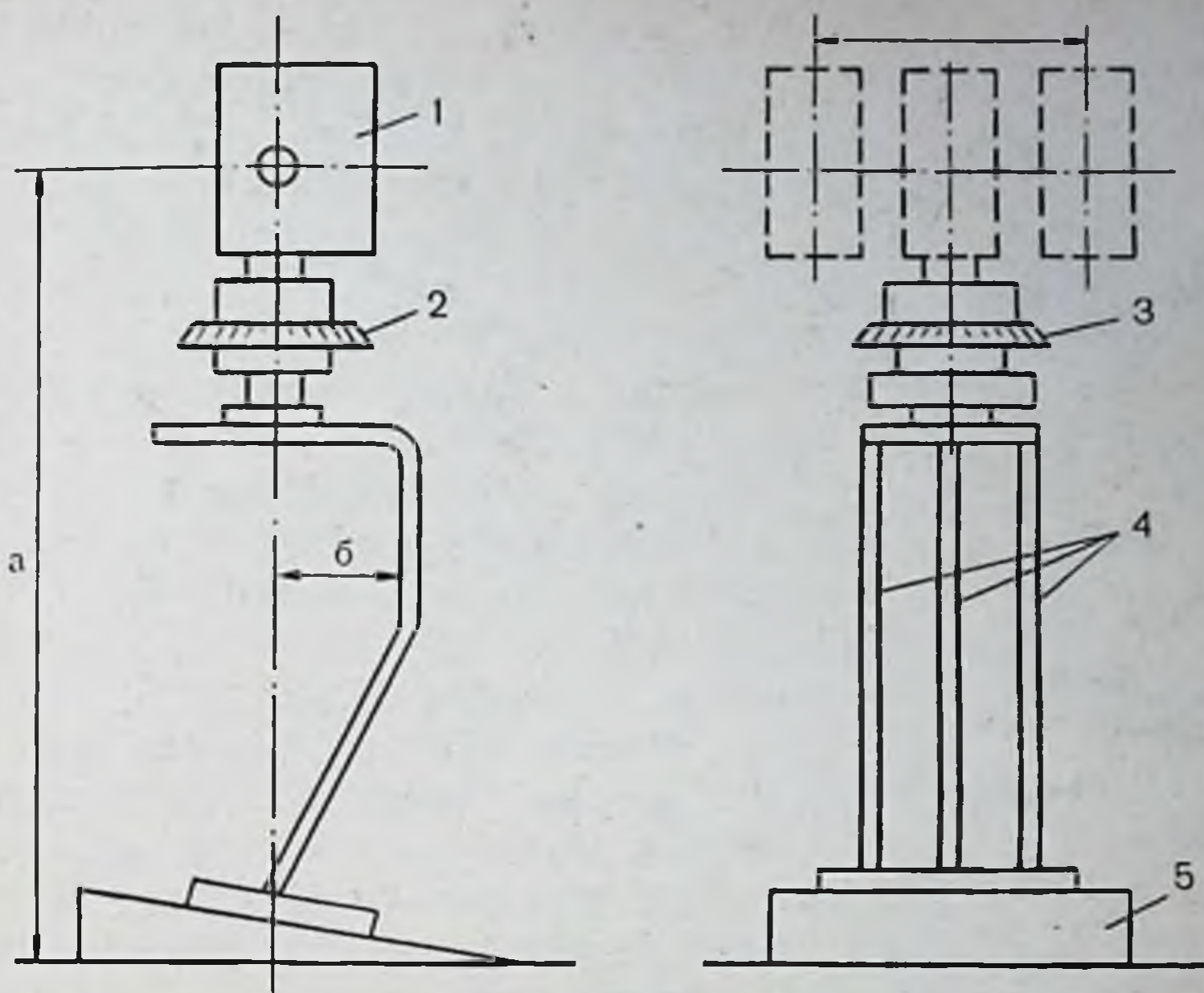


Рис. 17. Принципиальная схема установки для панорамного фотографирования обзорности из кабины.

1 — фотокамера; 2 — лимб; 3 — направляющая планка; 4 — стойка штатива; 5 — основание штатива.

бы оси площадки совпали с осями центра объектива фотокамеры (точка 0). Штатив с фотокамерой устанавливают на сиденье с учетом просадки так, чтобы объектив фотокамеры находился в точке, соответствующей положению глаз водителя со средними антропологическими данными:  $a = 77 - 78$  см,  $b = 19 - 20$  см (рис. 17). Фото съемка круговой панорамы обзора из кабины производится из восьми положений (I—VIII, см. рис. 16, А). По полученным фотоснимкам круговой панорамы составляются таблицы и схемы (см. рис. 16, Б), характеризующие количественные параметры обзорности кабины. На рис. 18 показано значение обзорности (контуры невидимой зоны) для выбора конструкции кабины трактора. Четвертый вариант по характеру обзорности является предпочтительным (Пискун Л., 1972).

Обзорное качество кабины может оцениваться также при помощи специальных коэффициентов. Так, И. Трененков (1969) предложил коэффициент общей обзор-



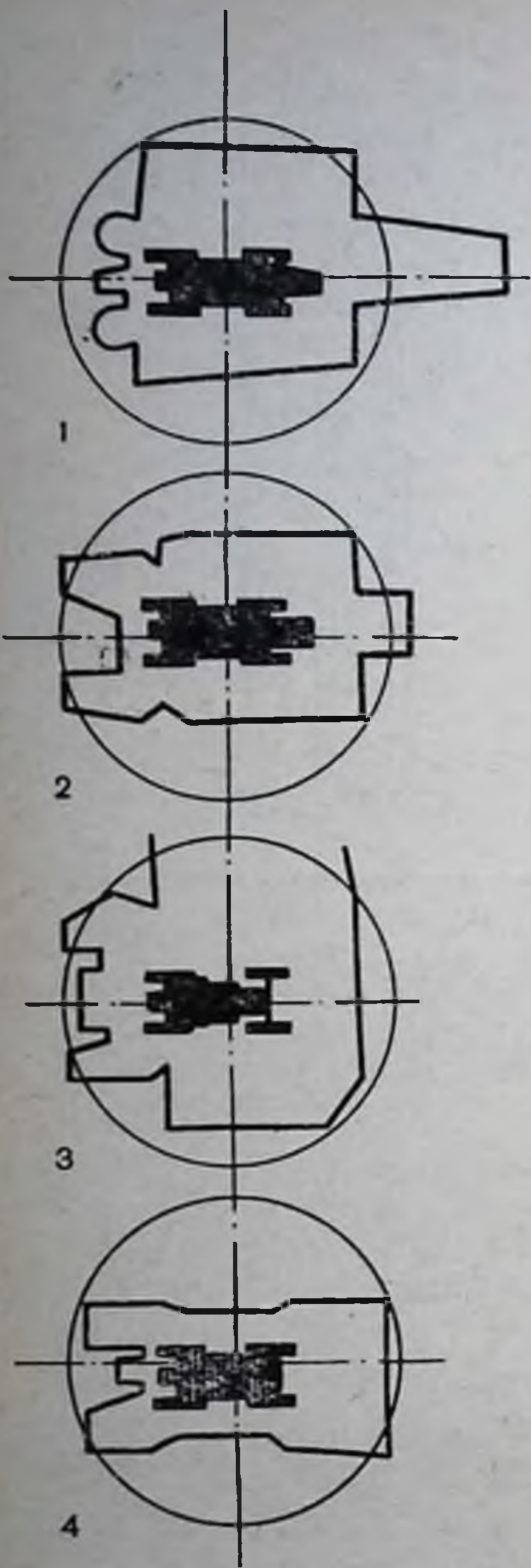


Рис. 18. Зона обзора разных тракторов. Четвертый вариант является предпочтительным.

суммарной оценкой этих взаимоотношений. Оценка рабочей позы складывается из общей характеристики положения оператора «стоя», «стоя—сидя», «сидя» или из какой-либо еще общей характеристики и из характеристики положения отдельных частей и суставов

ности и дополнительные частные показатели. Коэффициент общей обзорности определяется из выражения:

$$K_0 = \frac{F_k}{F_c - F_k},$$

где  $F_k$  — площадь контура трактора в плане;  $F_c$  — площадь невидимой зоны.

Хорошая обзорность характеризуется величиной  $K_0 = 0,25—0,35$ .

Следует упомянуть светотеневой метод определения обзорных качеств. Определение по этому способу производится в условиях темноты. В месте условного нахождения глаз водителя устанавливается с помощью приспособлений лампочка. При включении лампочки на поверхности площадки возникает черный теневой силуэт машины. Затененные места площади свидетельствуют о наличии в зоне видимости различных непрозрачных частей конструкции трактора. Конфигурация границ освещенных зон переносится на график, по которому определяют параметры обзорности.

**Оценка рабочей позы оператора.** Большое место в эргономической оценке взаимоотношений оператора и техники занимает оценка рабочей позы оператора, являющаяся



тела и углов между ними. В случае работы оператора в разных рабочих позах необходимо знать распределение различных рабочих поз во времени для выявления главных из них.

Существует несколько методов оценки рабочих поз. Очень часто исследователи ограничиваются их словесным описанием или фотографированием. На фотографиях затем можно наносить углы в отдельных сочленениях. Есть и инструментальные способы оценки рабочих поз и их динамики. А. Г. Сухарев (1961) предложил метод фотогониометрии для оценки рабочих поз учащихся, работающих за чертежным столом. Этот метод состоит в том, что учащийся, работающий в облегчающей одежде с опознавательными точками, фотографируется в профиль. Опознавательные точки соответствуют вершине шейного лордоза, вершине грудного кифоза, вершине поясничного лордоза, верхушечной точке на голове, плечевой, лучевой, шиловидной точкам на руке. Фотоснимки производятся через 2 мин; таким образом, в течение одного исследования, продолжавшегося соответственно длительности школьного урока 45 мин, получается серия из 22 снимков. На каждом из фотоснимков опознавательные точки соединяются друг с другом прямыми и определяется угол, образованный каждой прямой и проходящей через данную опознавательную точку горизонтальной линии. Угловые величины характеризуют наклон отдельных частей тела учащихся во время работы. При этом чем меньше угол, тем больше наклон позвоночника. Средние величины углов из 400—500 определений у различных испытуемых позволяют в значительной степени исключить возможность влияния «случайных» поз, свойственных индивидуальным привычкам испытуемых, и говорить о типичной рабочей позе, зависящей от высоты стола и специфики рабочего процесса. Периодичность фотогониометрии позволяет также проследить динамику изменений позы в течение урока.

Характер рабочих поз и их динамика по ходу выполнения трудового процесса могут быть определены также киносъемкой, с помощью специальных плоских манекенов, на которых суставы представлены шарнирными сочленениями.

С целью непрерывной регистрации рабочей позы в производственных условиях В. П. Силантьевым было



сконструировано и изготовлено устройство, обеспечивающее возможность регистрации угла наклона туловища в процессе выполнения трудовых операций, количества наклонов и времени нахождения в рабочей позе.

Устройство представляет собой малогабаритный преобразователь угловых перемещений в электрические сигналы, пропорциональные величине наклона в градусах с последующей записью их на диаграммной ленте самописца. Преобразователь представляет собой склеенные из двух половин диски из оргстекла с канавками для заполнения их столбиком ртути. В диски вмонтированы электрические контакты, соединенные с делителем напряжения. При наклоне туловища вперед—назад столбик ртути замыкает соответствующий контакт, и электрический сигнал поступает на вход самописца.

Устройство прошло апробацию на двух шинных заводах на различном сборочном оборудовании, и получены опытные результаты, характеризующие эффективность использования устройства в эргономических исследованиях. В ряде работ применяется математический анализ рабочих поз.

**Стендовые испытания.** Во многих случаях оказывается необходимой оценка эргономической системы в целом или по частям. В таких случаях применяются стендовые испытания и макетирование или моделирование системы. Так, В. Н. Козлов (1971) на специальном эргономическом стенде устанавливал с применением специальных эргономических (см. выше) и физиологических методов исследования оптимальные параметры местоположения рычагов и педалей трактора по отношению к сиденью и подлокотникам. При этом было выяснено также, что для определения характера рабочей позы существенную роль играет состояние обзорности. Из-за выявленных дефектов обзорности трактористы вынуждены работать в асимметричной позе, с наклоном вправо (рис. 19).

Биомеханические условия удержания асимметричной позы характеризуются смещением центра тяжести тела над площадью опоры вправо и увеличением за счет недостаточной обзорности мышечных статических напряжений. Неблагоприятным с точки зрения биомеханики позы является возникновение угла наклона позвоночника к горизонтали ( $\alpha$ ), появление углов бокового наклона плечевого пояса и таза к горизонту и возникнове-



Рис. 19. Рациональная (А) и вынужденная (Б) рабочая поза тракториста.

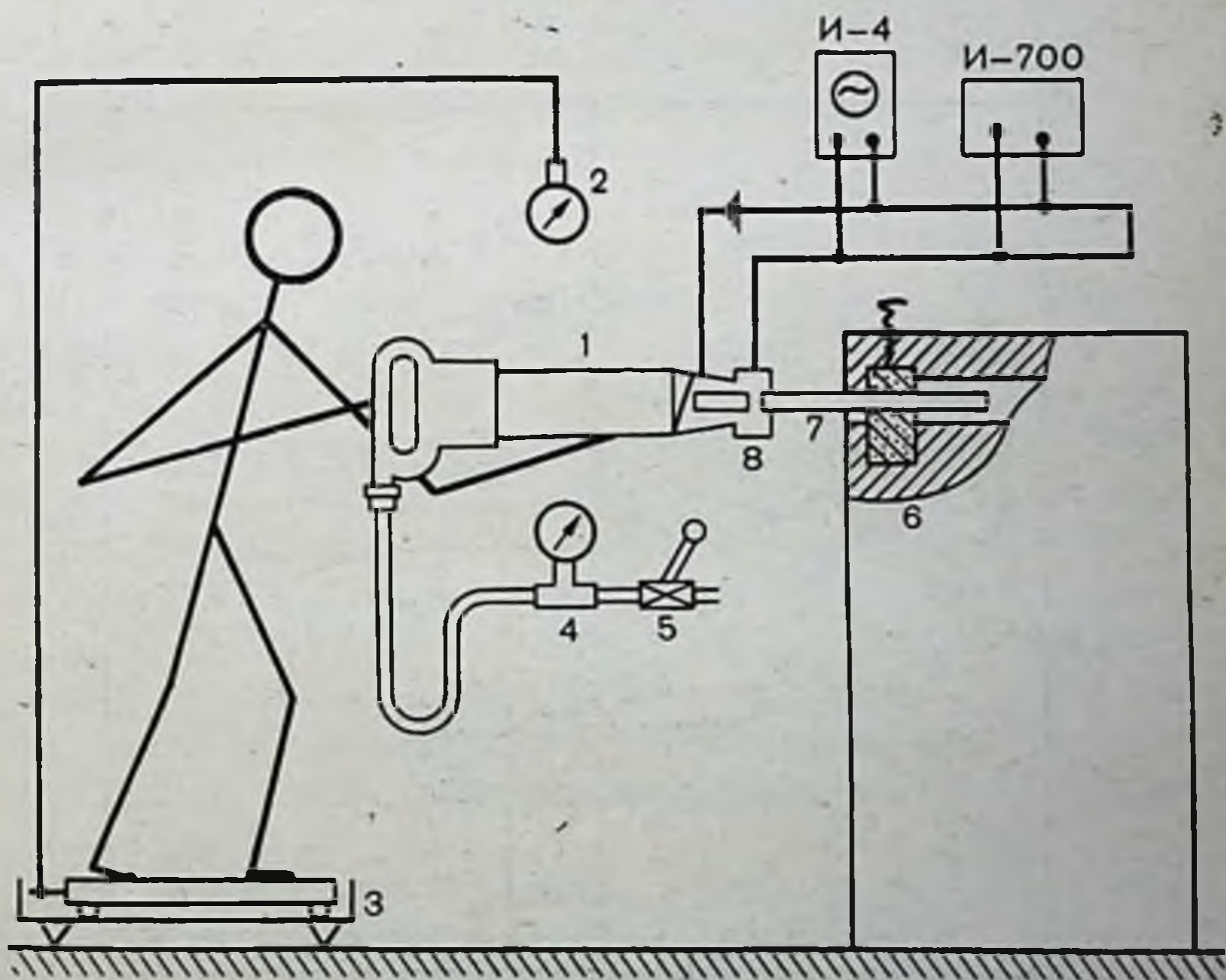
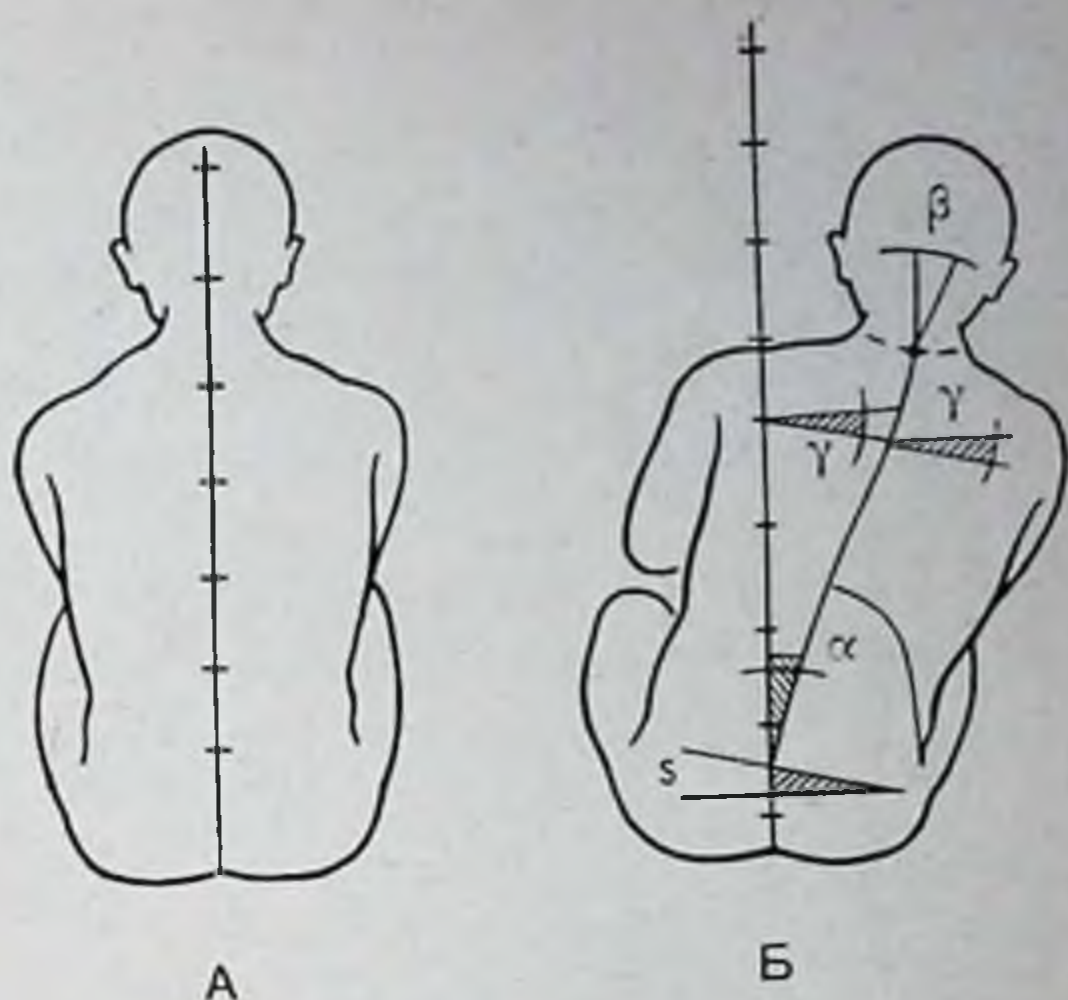


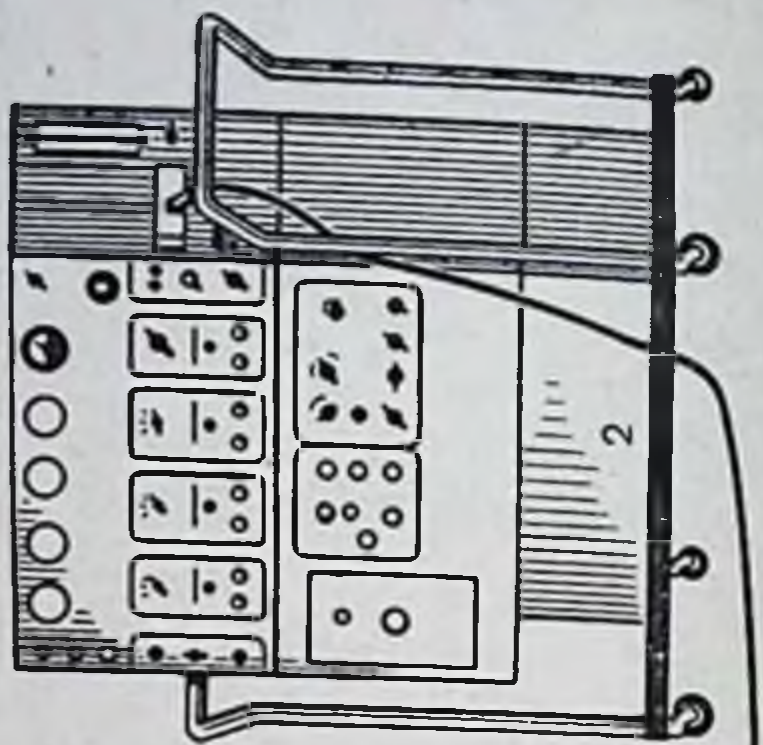
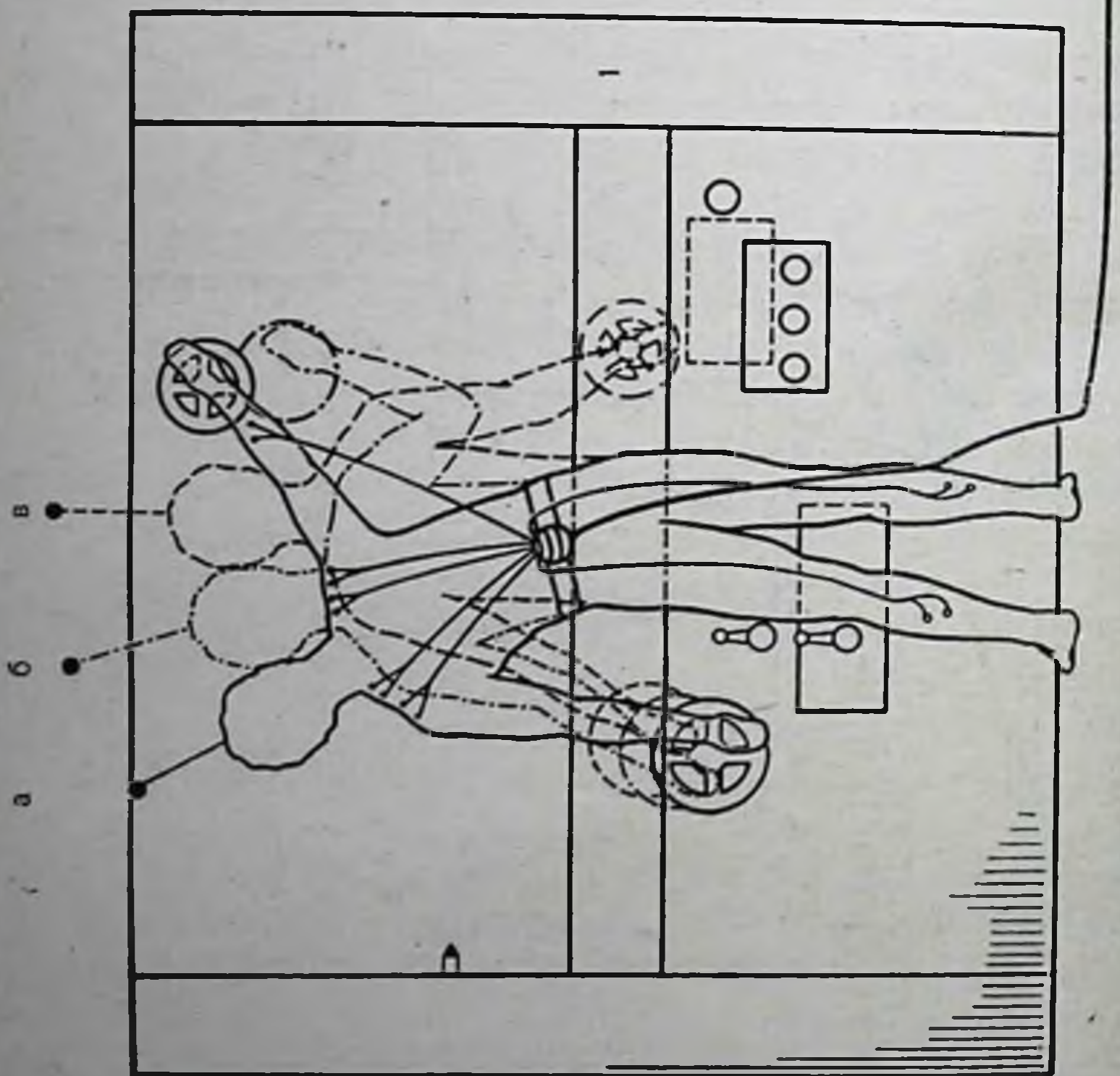
Рис. 20. Схема расположения человека и оборудования при определении предельно-основного режима.

1 — отбойный молоток; 2 — манометр, регистрирующий усилие нажатия; 3 — измерительная площадка; 4 — манометр, регистрирующий давление сжатого воздуха; 5 — регулятор давления сжатого воздуха; 6 — фрикционный поглотитель; 7 — имитатор инструмента; 8 — контактное кольцо.



Рис. 21. Изучение оптимизации рабочей позы станочника путем изменения расположения основных органов управления на макете.

1 — макет: а — существующая рабочая поза, б — улучшенная рабочая поза, в — оптимальная рабочая поза; 2 — электромиограф.





ние компенсаторного сколиоза позвоночника в шейном и поясничном отделах.

Стендовые испытания горного оборудования с импульсными воздействиями (клепальные, рубильные и отбойные молотки) проведены Н. П. Беневоленской (1972) в Институте горного дела АН СССР (рис. 20).

В лаборатории эргономики Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР разработана конструкция макета шлифовального станка (Коханова Н. А., Абдикулов А. А., 1975), на котором моделируется работа шлифовщика с целью установления оптимальной зоны расположения органов управления станком и усилий, необходимых при этом (рис. 21).

Методика оценки процессов информационного взаимодействия<sup>1</sup>. Важным, но мало исследованным вопросом является вопрос о методике эргономической оценки процессов информационного взаимодействия оператора и техники. Работа оператора связана с распознаванием предъявляемых сигналов, поэтому необходимо знать скорость восприятия и переработки информации органами чувств, в частности, зрительным анализатором.

Регистрируемое время реакции выбора на тот или иной зрительный стимул состоит из времени, которое требуется для приема информации в зрительной системе, из времени формирования двигательной реакции в ответ на полученную информацию и времени проведения сигнала по эфферентным путям к исполнительным органам, т. е. при измерении времени реакции выбора не разграничивалось время переработки информации в зрительной и двигательной сферах. Временные характеристики работы самой зрительной системы можно изучить, предъявляя зрительное изображение на определенное время и учитывая количество информации, полученное наблюдателем за это время. Этим приемом и пользуются в психофизиологии при измерении скорости зрительного восприятия.

Для измерения скорости зрительного восприятия можно пользоваться тахистоскопической методикой. Тахистоскопия — кратковременное предъявление изображения. Тахистоскоп — прибор, с помощью которого можно задавать любое время экспозиции какого-либо изображе-

---

<sup>1</sup> Описание дано по книге: Практикум по физиологии труда. Под ред. Точилова К. С. /ЛГУ, 1970.



ния. Так как в зрительной системе человека существует оперативная память, удерживающая образ объекта свыше 250 мс после его исчезновения из поля зрения, то предъявление изображений с помощью обычных тахистоскопов без дежурного изображения в действительности не ограничивает время их опознавания. Если по окончании предъявления данного изображения, называемого «тестовым», подать какое-либо другое изображение, называемое «дежурным», то можно как бы «стереть» из оперативной памяти предъявляемое («тестовое»), переключив тем самым зрительную систему на решение новой задачи. Время экспозиции данного изображения будет отражать время обработки информации о нем в зрительной системе.

Методику определения времени, необходимого зрительной системе для опознавания изображения, впервые предложил С. С. Сиклан. Он использовал для предъявления изображений телевизионную аппаратуру. Позднее эта методика была усовершенствована. Затем А. А. Невской была сконструирована оптическая установка, позволяющая плавно, в отличие от телевизионной установки, изменять время предъявления от 3 до 700 мс. При этом наблюдение ведется монокулярно. Лабораторией физиологии труда Ленинградского университета была разработана аналогичная установка с бинокулярным наблюдением, позволяющая предъявить изображение на дозированное время от 6 до 200 мс. Изображение проецируют на экран с помощью двух универсальных проекционных аппаратов.

В сходящемся пучке света, непосредственно за последней линзой конденсора, около фокальной плоскости объектива, помещают диапозитив, который проецируется на экран при помощи объектива. В этом же месте световой пучок перекрывается флажком, прикрепленным к реле. При подаче на реле импульса той или иной длительности освещается «тестовое» изображение и закрывается «дежурное»; по истечении этой длительности на экране восстанавливается проекция «дежурного» изображения. Время предъявления задается с помощью электростимулятора ЭЛС-1. Принцип работы установки показан на рис. 22, А. Когда предъявляется «тестовое» изображение, то «дежурное» в это время закрыто, и наоборот. К установке сделана приставка, позволяющая измерять латентный период (ЛП) сенсоречевой реакции.



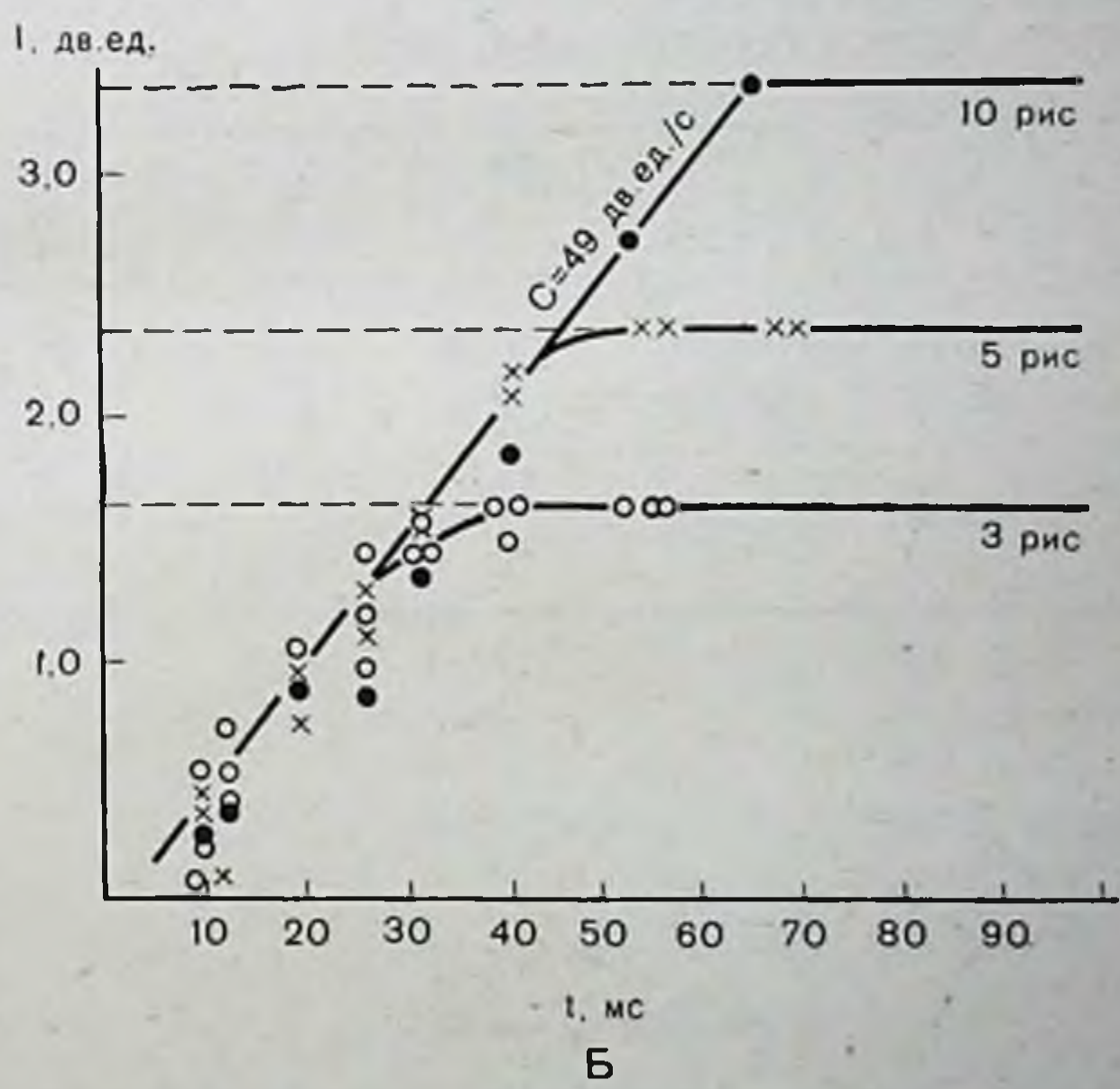
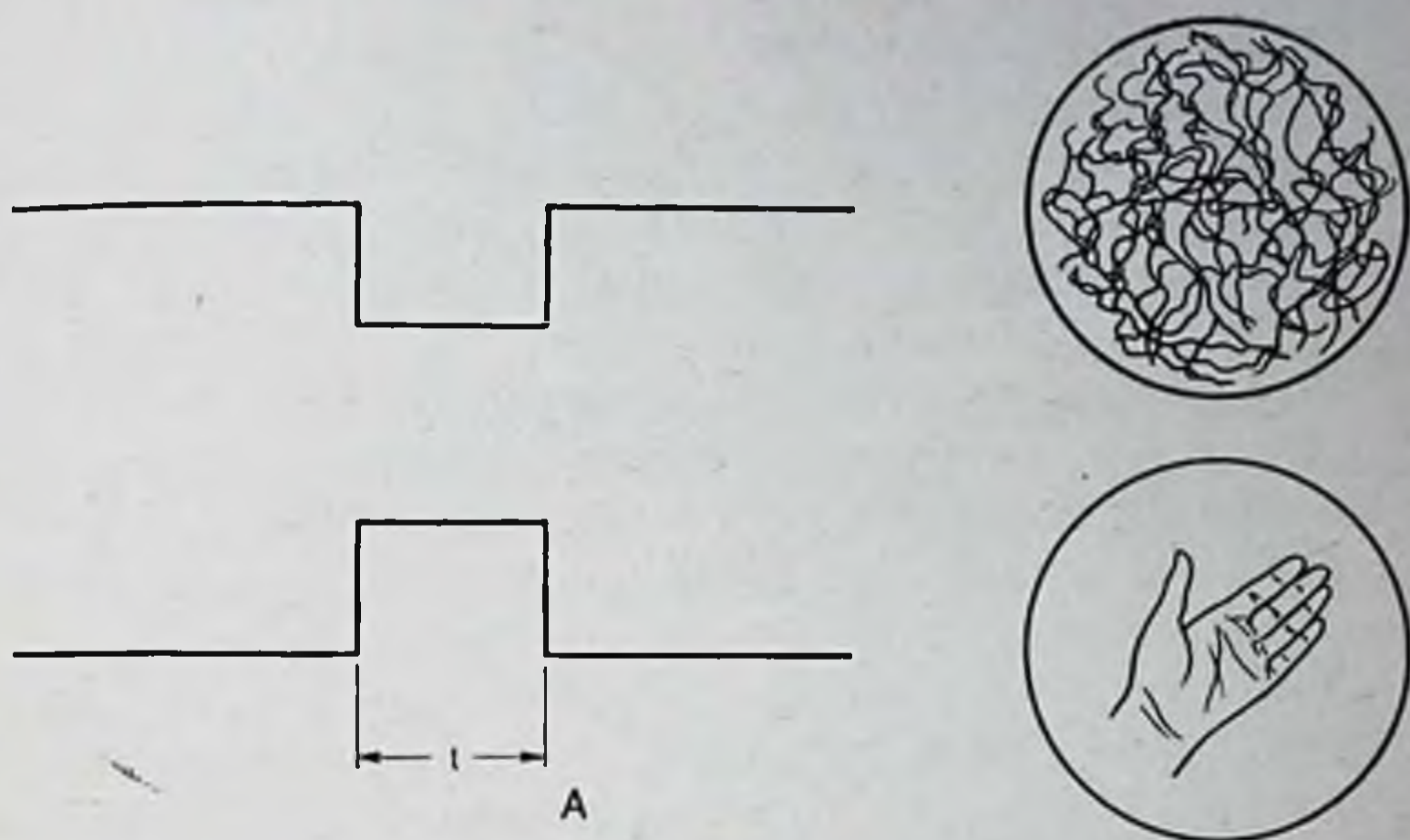


Рис. 22. Схема предъявления тестового и «дежурного» изображений (А).

$t$  — время экспозиции тестового изображения. Объяснения в тексте. Зависимость среднего количества информации ( $I$ ), полученной наблюдателем, от времени ( $t$ ) предъявления изображения (Б). Оознавались наборы из 3, 5, 10 изображений (В. Д. Глезер, А. А. Невская, 1964).



С помощью этой методики можно предъявлять наблюдателю на определенное время различные наборы изображений. Наблюдатель должен узнать и назвать предъявленное изображение. После этого по формуле определяется среднее количество информации, полученное наблюдателем за то или иное время предъявления. При большой длительности предъявления опознавание происходит безошибочно и количество полученной информации соответствует количеству заданной. Если время мало, то наблюдатель не успевает получить полностью необходимую информацию и дает ошибочные ответы.

Приведем пример расчета среднего количества информации, полученного наблюдателем в одном из опытов за 56 мс предъявления тест-объекта. Предъявлялись четыре линии разной длины: 1, 2, 3, 4 угловых градуса. Все изображения (x) равновероятны. По полученным ответам (y) составляем таблицу распределения ответов при данном времени предъявления:

x	Ответы (y)					Всего
	1	2	3	4	«не знаю»	
1	10	0	0	0	2	12
2	0	11	0	0	1	12
3	0	0	11	1	0	12
4	0	0	0	12	0	12
Всего...	10	11	11	13	3	48

Среднее количество информации, полученное наблюдателем за такое время предъявления, можно рассчитать по формуле Шеннона:

$$I = H_x + H_y - H_{x,y},$$

где  $H_x = -\sum P_x \log_2 P_x$  — энтропия распределения вероятностей предъявляемых изображений<sup>1</sup>;  $H_y = -\sum P_y \log_2 P_y$  — энтропия распределения вероятностей ответов испытуемого;  $H_{x,y} = -\sum P_{x,y} \log_2 P_{x,y}$  — энтропия распределения вероятностей совместного появления изображе-

<sup>1</sup> Значение  $P \log P$  при подсчете энтропии можно взять из таблиц книги А. М. Яглом и А. И. Яглом «Вероятность и информация» (М.: Физматгиз, 1960).



ния  $x$  и ответа  $y$ . Так как в опыте все четыре изображения равновероятны, то

$$H_x = \log_2 4 = 2 \text{ двоичные единицы (дв. ед.)} .$$

$$H_y = - \left( \frac{10}{48} \log_2 \frac{11}{48} + \dots + \frac{3}{48} \log_2 \frac{3}{48} \right) = 2,20 \text{ дв.ед.}$$

$$\begin{aligned} H_{x,y} &= - \sum p_{x,y} \log_2 P_{x,y} = \\ &= - \left( \frac{10}{48} \log_2 \frac{10}{48} + \frac{2}{48} \log_2 \frac{2}{48} + \dots + \frac{12}{48} \log_2 \right. \\ &\quad \left. \frac{12}{48} \right) = 2,37 \text{ дв. ед.} \end{aligned}$$

Таким образом, среднее количество информации в данном случае составляет  $2 + 2,20 - 2,37 = 1,83$  дв. ед. на предъявление. Иначе говоря, вместо задаваемых 2 дв. ед. информации на сигнал испытуемый за время 5,6 мс получает лишь 1,83 дв. ед.

Аналогично делают расчет при любых других длительностях предъявления.

По полученным данным строят график зависимости среднего количества информации, полученной испытуемым, от времени предъявления изображения. На рис. 22, Б приведены результаты опытов с разными наборами изображений. Количество информации, которое зрительная система человека способна обработать и передать за единицу времени, составляет ее пропускную способность. Пропускную способность ( $C$ ) канала можно определить по формуле;

$$C = \frac{I}{t},$$

где  $I$  — среднее количество информации в дв. ед.;  $t$  — время в секундах, за которое эта информация получена. Например, на рис. 21, Б видно, что за 41 мс получено 2 дв. ед., отсюда  $C = 49$  дв. ед./с или за 55 мс получено 2,7 дв. ед., отсюда  $C = 49$  дв. ед./с. Наклон кривой выражает пропускную способность зрительной системы в двоичных единицах за 1 с.

Время для опознавания изображения, и пропускная способность зрительной системы меняются в некоторых пределах в зависимости от размеров предъявляемых изображений, от разного уровня яркости поля зрения, толщины штрихов изображений и т. д. Поэтому в зависимости от изучаемого фактора надо стараться соблюдать постоянными по возможности все условия опыта.



### **III. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭРГОНОМИКИ**

#### **Физиологические основы биологического действия факторов производственной среды**

Важнейшей составной частью эргономики является изложение таких требований к конструкциям производственного оборудования и организации рабочих мест, выполнение которых обеспечивает оптимальные гигиенические условия труда на производстве. Основой этих требований являются физиологические данные об особенностях биологического действия гигиенических факторов на организм человека и основанные на них гигиенические нормативы. Из вопросов биологического действия гигиенических факторов наиболее важными являются закономерности реагирования организма, отражающие информативность действующих факторов, закономерности силы и времени их воздействия, особенности динамики реагирования организма на воздействие тех или иных гигиенических факторов и закономерности адаптации организма к действующим факторам на основе представлений о функциональных системах интеграции. Знание именно этих сторон биологического действия и позволит с уверенностью подходить к оценке конструкций производственного оборудования и организации рабочих мест на производстве. Рассмотрим последовательно эти наиболее общие закономерности реагирования организма на воздействие факторов производственной среды.

Биологическое действие гигиенических факторов в зависимости от их информативности. В жизнедеятельности саморегулирующихся систем, какими являются живые организмы, большое значение имеют их взаимоотношения с окружающей средой. В основе этих взаимоотношений лежит восприятие воздействий, поступающих из среды, их трансформация, кодирование в нервные импульсы, проведение последних по разнообразным нерв-



ным путям и формирование ответных реакций. При этом считается, что воздействия из окружающей среды вносят в организм определенную информацию, от содержания которой и зависит формируемая ответная реакция.

В настоящее время рассматриваются три возможных способа передачи информации: перенос информации вместе с объектом-носителем, матричная форма передачи информации и передача информации через специальные каналы связи.

Все упомянутые способы передачи информации имеют место и в живых организмах при их взаимодействии с факторами окружающей среды. Ниже мы увидим, как эти способы передачи информации в организме проявляются в ходе формирования ответных реакций на воздействие гигиенических факторов.

Как указывает С. М. Шалютин (1961) для оценки количества информации, которое содержится в том или ином воздействии, необходимо знать количество качеств, характеризующих это воздействие, например вносимую им энергию, дозу, концентрацию, частоту повторения, их длительность во времени и т. д. Этими качествами и определяется модальность воздействия. Далее нужно знать число возможных градаций, ступеней каждого качества. С учетом этих данных теория информации дает формулу Шеннона, по которой может быть рассчитана информация, содержащаяся в каждом воздействии. Формула имеет вид  $I = n \log_2 m$ , где  $n$  — число качеств воздействий;  $m$  — число градиентов каждого качества,  $\log$  — натуральный логарифм при основании 2.

Воздействия, несущие одну и ту же информацию, могут отличаться, кроме того, и по коду, т. е. по соотношению между  $n$  и  $m$ . Так, при  $n=3$ ,  $m=2$  информация будет равна 3 по расчету  $I = 3 \log_2 2 = 3$ . Однако при  $n=1$  и  $m=8$  информация по расчету  $I = 1 \log_2 8$  будет также равна 3 единицам информации (битам).

Пользуясь этими данными и зная особенности того или иного воздействия, можно рассчитать информацию, содержащуюся и в том или ином гигиеническом факторе. Таким образом, формула Шеннона дает возможность подсчитывать количественное значение информации, вносимой тем или иным воздействием в организм.

При всем огромном значении возможности количественного учета информации по формуле Шеннона все же следует указать, что при такой оценке биологического



действия гигиенических факторов упускаются из вида многие другие их особенности. Так, например, при учете энергии (силы, дозы, концентрации) того или иного воздействия упускается из рассмотрения его возможное сигнальное значение. При выработке условных связей сигнал, имеющий ничтожный энергетический уровень или уровень дозы и концентрации, может вызвать необычайно бурную ответную реакцию. Точно так же вызванные теми или иными воздействиями стрессорные реакции не подчиняются энергетическим, силовым (дозовым, концентрационным) соотношениям.

С другой стороны, чисто математическое представление информации не учитывает возможных изменений в формировании ответных реакций, возникающих за счет изменений исходного функционального состояния организма, например, изменения уровня внимания, наличия доминанты, утомления и т. д. Все это указывает на то, что чисто математический подход к изучению биологического действия гигиенических факторов без учета физиологических данных не может обеспечить правильного понимания связи того или иного воздействия с ответной реакцией. В связи с этим попытаемся показать определяющую роль физиологического подхода к пониманию информативности гигиенических факторов.

В настоящее время ведется большое количество исследований о различиях в информативности влияния на организм непрерывного и прерывистого действия многих факторов производственной и окружающей среды. Так, например, обстоит дело со стабильным и прерывистым (интермиттирующим) действием производственного шума.

Хотя житейский опыт показывает, что прерывистое, мелькающее действие шума, света, тепла и т. д. воспринимается субъективно человеком как более сильное и неприятное воздействие, научное изучение этого вопроса не привело пока исследователей к какому-либо твердо установленному объяснению причин такого различия. В то же время в физиологической науке имеется ряд установленных данных, учет которых позволяет подойти к вопросу о большей информативности прерывистого действия с научной точки зрения.

Следует прежде всего указать на то, что еще в 1843 г. известный физиолог Э. Дюбуа Реймон, изучая действие постоянного тока на нерв, установил, что нерв раз-



драгается не столько силой или густотой силовых линий постоянного тока, сколько скоростью их изменения. Иначе говоря, Э. Дюбуа Реймон 136 лет назад сформировал закон информативности действия постоянного тока не в виде  $I = kF \cdot t$ , т. е. не в виде пропорциональности информативности постоянного тока силе ( $F$ ) и времени ( $t$ ) его действия, а в виде  $I = \frac{kdF}{dt}$ , т. е. в виде пропор-

циональности информативности действия постоянного тока производной от силы действующего тока к времени его действия. С математической точки зрения видно, что во втором случае большая информативность воздействия может быть достигнута не только за счет увеличения силы действия, но также и за счет скорости ее изменения во времени. Таким образом, данные Э. Дюбуа Реймона и математики подсказывают нам то направление исследований, в котором могут быть получены надежные представления о большей информативности прерывистого действия изучаемых факторов. Закон Э. Дюбуа Реймона, однако, ничего не говорит о роли частоты прерывания тех или иных воздействий в определении их информативности. Тем не менее такие данные в физиологии существуют и к ним в первую очередь должны быть отнесены данные Н. Е. Введенского о парабиозе, об оптимуме и пессимуме раздражения. Наибольшей силой воздействия и тем самым наибольшей информативностью для организма являются воздействия, находящиеся по частоте их прерываний в пределах оптимума. Это положение справедливо в полной мере для таких воздействий, как постоянный ток и ему подобных, т. е. характеризующихся неколебательным характером. Для воздействий, имеющих колебательную природу, таких, например, как звук и свет, у физиологов, для оценки различий в их информативности при непрерывном и прерывистом действии имеется еще другой критерий. Этим критерием является критическая частота слияния их мельканий. Известно, что прерывистый свет перестает восприниматься как мелькающий при частоте их мельканий, в зависимости от индивидуальных особенностей состояния организма, в пределах 25—50 мельканий света в секунду. Эта критическая частота слияния мельканий и считается показателем лабильности зрительного анализатора. Критическая частота слияния звуковых мельканий соответствует 40—100 прерывам звука в секунду, а по некото-



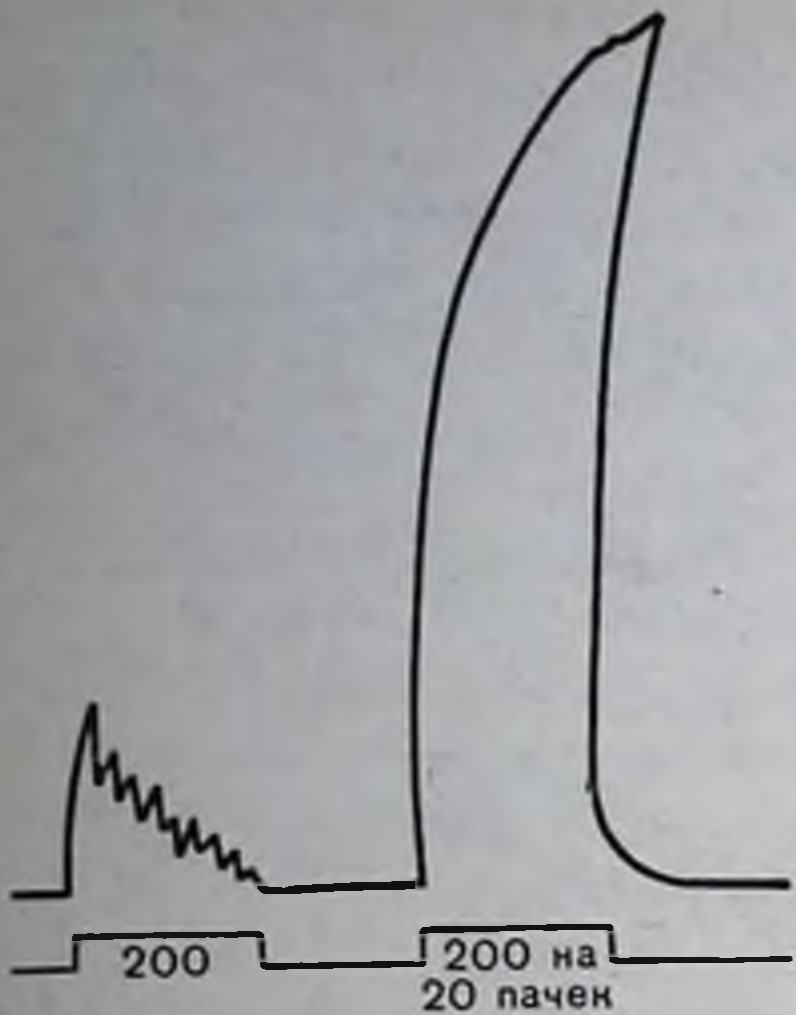


Рис. 23. Результаты раздражения нерва нервно-мышечного препарата частотой 200 в секунду в 20 пачек в секунду по 5 стимулов в пачке. Видно резкое усиление мышечного сокращения.

видеть из опыта С. И. Горшкова и Е. А. Гусевой, поставленного еще в 1932 г. При раздражении нерва нервно-мышечного препарата в условиях сохраненного кровообращения частотой 200 колебаний в секунду мышца, как и полагалось, реагировала пессимальным сокращением. Однако прерывание этого пессимального раздражения 20 раз в секунду приводило к тому, что мышца при таких перерывах в раздражении реагировала сокращением, сила которого, судя по миограмме, была в 50—100 раз больше, чем при исходном характере раздражения, при всем том, что действующая частота импульсов раздражения после перерывов оставалась равной 100 импульсам в секунду, т. е. также пессимальной (рис. 23).

Физиологические данные позволяют уточнить частоту перерывов, при которой будет достигнуто более выраженное биологическое действие прерывистого раздражения по сравнению с непрерывным. Здесь необходимо учитывать другие особенности реагирования центральной нервной системы, в частности ее свойство усвоения ритма.

рым другим данным они находятся в пределах 90—140 перерывов в секунду.

Из этих данных становится очевидным, что различия в информативности непрерывных и прерывистых воздействий могут быть обнаружены при перерывах изучаемого фактора в пределах критической частоты слияния мельканий, так как при превышении этой частоты раздражитель будет восприниматься как непрерывный, т. е. как стабильный при равенстве его информативности непрерывного воздействия. Что прерывистое действие способно изменить информативность изучаемого фактора в сторону ее возрастания, можно



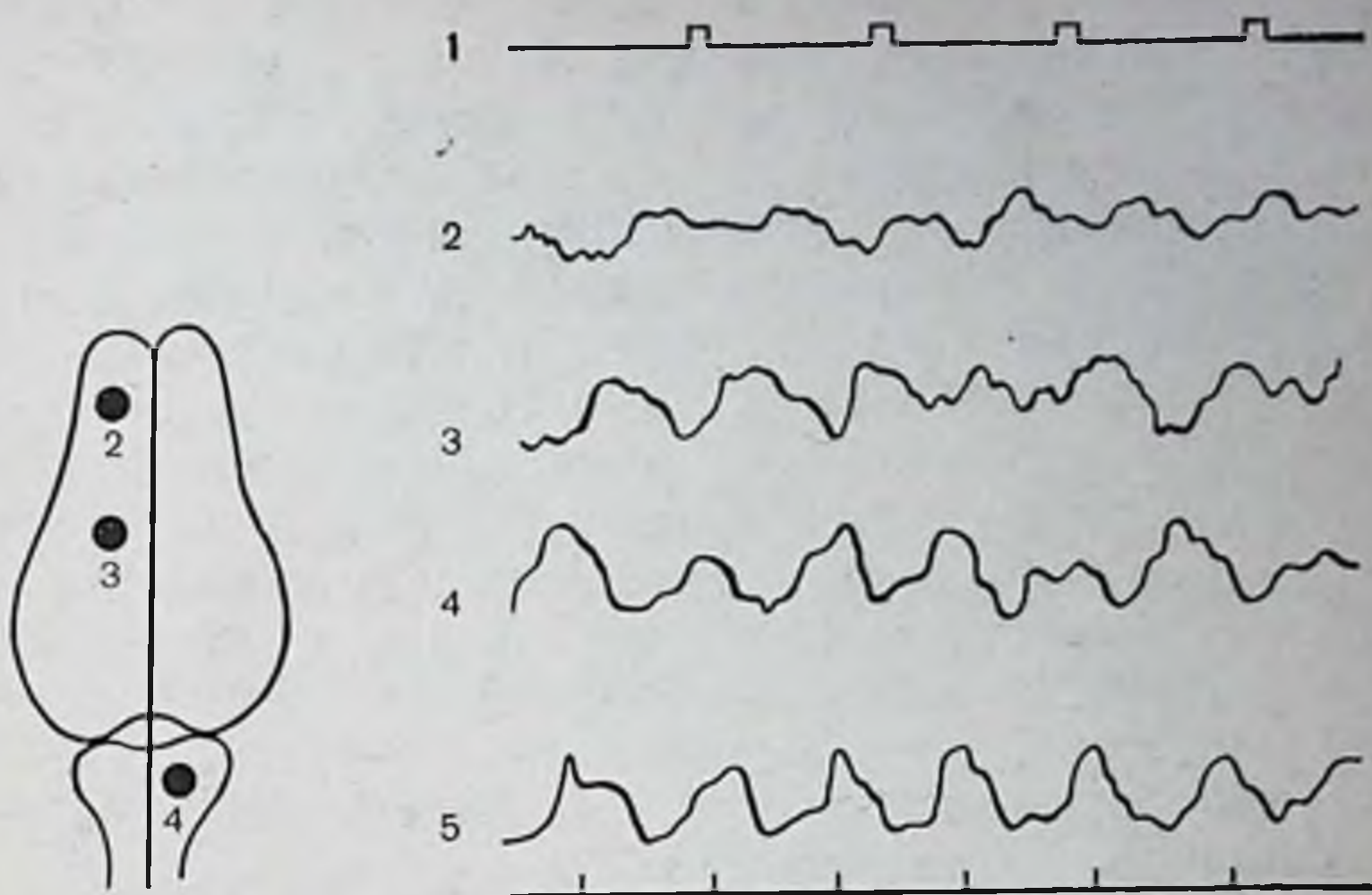


Рис. 24. Иррадиация усвоенного ритма в головном мозгу кролика (ЭЭГ на 40-й минуте после начала раздражения правого седалищного нерва).

1 — отметка времени 1 с; 2—3 — электрограммы передне- и заднелобной корковых областей; 4 — потенциалы дыхательного центра; 5 — пневмограмма, отметка раздражения.

Явление усвоения ритма внешних воздействий было впервые изложено А. А. Ухтомским на 3-м Всесоюзном съезде физиологов в 1928 г. в докладе «Усвоение ритма в связи с учением о парабриозе». А. А. Ухтомский показал, что функциональная подвижность нервных центров, рецепторов, мышц и других возбудимых образований может быть изменена благодаря ритмически действующему раздражению и что усвоение ритма имеет важное координирующее значение в деятельности центральной нервной системы и целостного организма. В дальнейшем ученики и сотрудники А. А. Ухтомского показали, что внешними ритмическими раздражениями может быть навязан ритм деятельности любому органу (рис. 24). Так, ритмическими световыми и звуковыми раздражениями может быть навязан ритм биоэлектрической активности коры головного мозга и этим способом в настоящее время широко пользуются для оценки функционального состояния коры головного мозга. Ритмическими воздействиями можно изменить ритм сердца и дыхания, давление крови и двигательную деятельность человека. Каждый человек на себе испытывал усвоение ритма марше-



вой музыки или наблюдал возникновение собственных произвольных двигательных актов во время концерта.

Электроэнцефалографическое исследование показывает, что если во время записи ЭЭГ включать ритмическое световое или звуковое раздражение, то некоторые из этих частот раздражения, близкие к частотам самой ЭЭГ, усваиваются и обнаруживаются по записи. Как правило, усваиваются лучше всего те частоты световых и звуковых раздражений, которые соответствуют уровню функционального состояния испытуемого. В то же время световым и звуковым раздражением можно навязать ритм раздражений ЦНС испытуемого и тем самым сдвинуть его функциональное состояние в ту или иную сторону. Известно, что медленные  $\delta$ - и  $\Theta$ -ритмы (1,5—3 и 4—7 колебаний в секунду) соответствуют снижению функционального состояния ЦНС,  $\alpha$ -ритм (8—13 колебаний в секунду) — состоянию покоя ЦНС, а  $\beta$ -ритм (14—35) и  $\gamma$ -ритм (до 90 колебаний в секунду) — состоянию повышенной активности ЦНС. Отсюда навязывание того или иного ритма внешнего раздражения может способствовать установлению того или иного уровня состояния организма. Следовательно, значение прерывистых раздражений может определяться ритмом их прерывания и совпадения с тем или иным ритмом биоэлектрической активности коры головного мозга, характерным для текущего состояния организма.

Изложенные физиологические данные позволяют научно обоснованно подходить к организации исследований прерывистых и непрерывных воздействий и к анализу полученных результатов.

Таким образом, физиологические данные показывают, что частота импульсной активности внешних воздействий имеет информативное значение как фактор усвоения ритма в основном в пределах критической частоты слияния мельканий и что наиболее выраженное биологическое действие наблюдается при частотах, усваиваемых возбудимыми образованиями организма, в частности при соответствии внешних ритмов ритмам биоэлектрической активности коры головного мозга.

При всей огромной значимости явлений усвоения ритма в определении информативности факторов окружающей и производственной среды разработка этого вопроса в настоящее время только начата. В литературе полностью отсутствуют научные данные об особеннос-



тях усвоения ритма и об особенностях импульсного действия химических, температурных, осязательных и других воздействий. Однако, как было показано, эти вопросы имеют прямое отношение к информативности их биологического действия, в особенности при учете того обстоятельства, что эти и другие воздействия являются частыми источниками информации из окружающей и производственной среды, в связи с чем они должны стать предметом специальных исследований.

Таблица 6

Сравнительные данные об особенностях биологического действия звуковых раздражений при их адекватном (через орган слуха) и неадекватном (помимо органа слуха) восприятии

Физиологический показатель	Способ восприятия звуковых воздействий	
	адекватный	неадекватный
Скрытое время реакции на электрокожное раздражение	Однофазное удлинение скрытого времени в день воздействия	Двухфазное удлинение скрытого времени: первая фаза — в день воздействия, вторая фаза — на 3—6-й день после воздействия
Скрытое время «лифтной» реакции		
Частота пульса	Урежение	Учащение
» дыхания	Чаще учащение	Урежение
Биоэлектрическая активность:		
областей коры ретикулярной формации	Активация Без изменений	На 3—4-й день угнетение На 3—4-й день резкая активация

Специально по вопросу о биологическом действии шума необходимо указать, что в современных данных о шуме указывается только то его биологическое действие, которое возникает при его адекватном восприятии органом слуха. Однако, как видно из рис. 25, шумы действуют не только через орган слуха, но по достижении известной силы и через всю поверхность тела, что показано в верхней части рисунка. По экспериментальным данным С. И. Горшкова и Р. М. Никольской (1978), пороговое значение для звуковых колебаний в 2000 Гц, при их восприятии через поверхность тела и при разрушении кортиева органа составляет 120 дБ, а для частоты 10 000 Гц — 110 дБ. При этом, как видно из табл. 6, восприятие шумов, помимо органа слуха, через поверхность



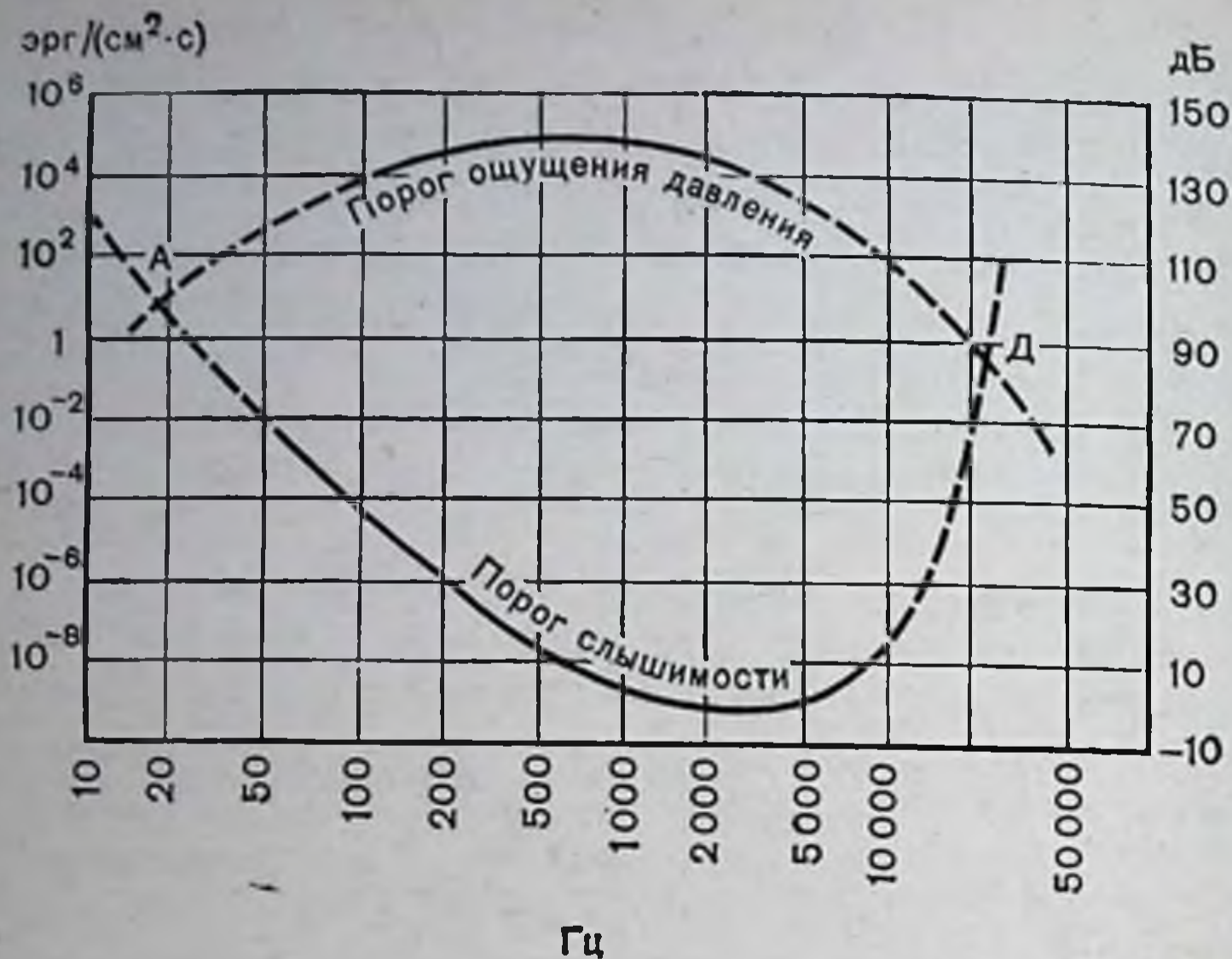


Рис. 25. Чувствительность органа слуха человека к разным частотам воздушных колебаний (кривая Вегеля — Гильдмейстера, по А. А. Ухтомскому). Объяснение в тексте.

тела приводит к таким проявлениям их биологического действия в состоянии организма, которые коренным образом отличаются от изменений в состоянии организма, возникающих при восприятии шумов через орган слуха.

Если изменения в состоянии нервной системы на надпороговое, однократное, однократное, адекватное воздействие шума частотой 2 или 10 кГц вызывали однократное удлинение скрытого времени на электрокожное болевое или лифтное<sup>1</sup> раздражение только в день воздействия, то надпороговое, однократное, однократное, неадекватное воздействие через поверхность тела (кортиевы органы у подопытных животных разрушены!) вызывало двухфазное удлинение скрытого времени на те же раздражения, с первой фазой в день озвучивания и со второй фазой на 3—6-й день после воздействия, что по мнению авторов, является следствием перехода от ответной реакции с анализаторного уровня на уровень физикохимических цепных реакций. Из табл. 6 также видно, что если на адекватное воздействие шумов частота пульса урежается, то на неадекватное учащается. Видны

<sup>1</sup> Под «лифтным» раздражением имеется ввиду раздражение вестибулярного аппарата при внезапном падении с высоты.



также и отчетливые различия в частоте дыхания, в ЭЭГ областей коры и ретикулярной формации. Авторы указывают, что в зависимости от различий в способе восприятия звуков и путей их распространения в организме резко изменяется характер их действия на функции организма. В целом характер действия звуковых раздражений при их неадекватном восприятии близок к ранее изученному характеру действия на организм низкочастотного ультразвука, который воспринимается человеком, крысами и кроликами, помимо органа слуха, всей поверхностью тела и обладает двухфазным характером сдвигов со второй фазой, отставленной на 4-й день после воздействия. Вторая фаза сдвигов как совпадающая по времени с биохимическими сдвигами, по-видимому, связана с развитием цепных реакций. Что касается особенностей влияния неадекватных звуковых раздражений и ультразвука на вегетативные функции, в частности на частоту пульса, то эти особенности связаны с различиями в путях распространения сенсорных воздействий и с отсутствием эфаптических<sup>1</sup> влияний на ядро блуждающего нерва при неадекватном восприятии звуковых и ультразвуковых колебаний.

Следует обратить внимание также на то, что эти данные фактически продолжают кривую Вегеля — Гильдемейстера (см. рис. 25) в сторону больших частот, причем они позволяют указать на место расположения точки Д, в которой снижающаяся адекватная слуховая чувствительность по мере увеличения частоты колебаний пересекается с кривой неадекватной чувствительности к звуковым раздражениям. Важным свойством этой точки является то, что в ее области адекватная и неадекватная чувствительность количественно равны и что раздражитель, находящийся в этой точке, оказывает двойное воздействие на организм — адекватное и неадекватное. Начиная с этой точки, адекватная чувствительность становится меньше неадекватной. Эта точка и является, по-видимому, точкой начала отсчета ультразвука на кривой Вегеля — Гильдемейстера. На кривой Вегеля — Гильдемейстера есть также точка А, в которой в левой

<sup>1</sup> Эфаптическими влияниями называются такие, которые возникают за счет близкого расположения возбудимых образований. В данном случае эфаптическое влияние возникает за счет близкого расположения в продолговатом мозгу центров блуждающего и слухового нервов.



части пересекаются обе ее ветви в диапазоне низких частот. Слева от этой точки, по-видимому, начинается отсчет инфразвуковых колебаний. Раздражения, соответствующие этой точке, также представляют большой интерес для физиологов и эргономистов, так как они будут воздействовать одновременно как на адекватную, так и на неадекватную чувствительность. Начиная с этой точки и влево от нее по кривой Вегеля — Гильдемейстера чувствительность к неадекватному инфразвуковому воздействию становится выше чувствительности к адекватному слуховому воздействию.

**Значение силы и времени воздействия гигиенических факторов в формировании ответных реакций.** Переходя к вопросам о силе и времени воздействия гигиенических факторов на организм и формирование ответных реакций на эти воздействия, необходимо иметь в виду, что общая количественная оценка этого взаимодействия должна учитывать три типа количественных зависимостей: сила — эффект, время — эффект и сила — время — эффект. Изучение этих зависимостей показало, что связь сила — эффект может проявляться по-разному. В одних случаях ответная реакция на воздействие гигиенического фактора возрастает пропорционально увеличению силы (концентрации, дозы), что графически выражается в виде прямой линии. В других случаях зависимость сила — эффект проявляется более сложно, когда небольшие изменения силы могут вызывать большие изменения в ответной реакции и наоборот. В то же время во многих случаях кривая зависимости сила — эффект может иметь вид S-образной кривой (рис. 26). Что касается зависимости время — эффект, то она имеет такой же вид, как и зависимость сила — эффект, так как в целом время действия какого-либо гигиенического фактора пропорционально силе действия, что хорошо было показано в опытах по выработке условных рефлексов сотрудниками И. П. Павлова. Такой характер зависимостей сила — эффект и время — эффект может быть понят как проявление действия закономерностей (по Н. Е. Введенскому) об оптимуме и пессимуме раздражения. Тот случай, когда выраженность ответной реакции на воздействие гигиенического фактора возрастает с увеличением силы или времени действия, представляет собой не что иное, как провизорную стадию парабиоза, для которой как раз характерно возрастание ответной



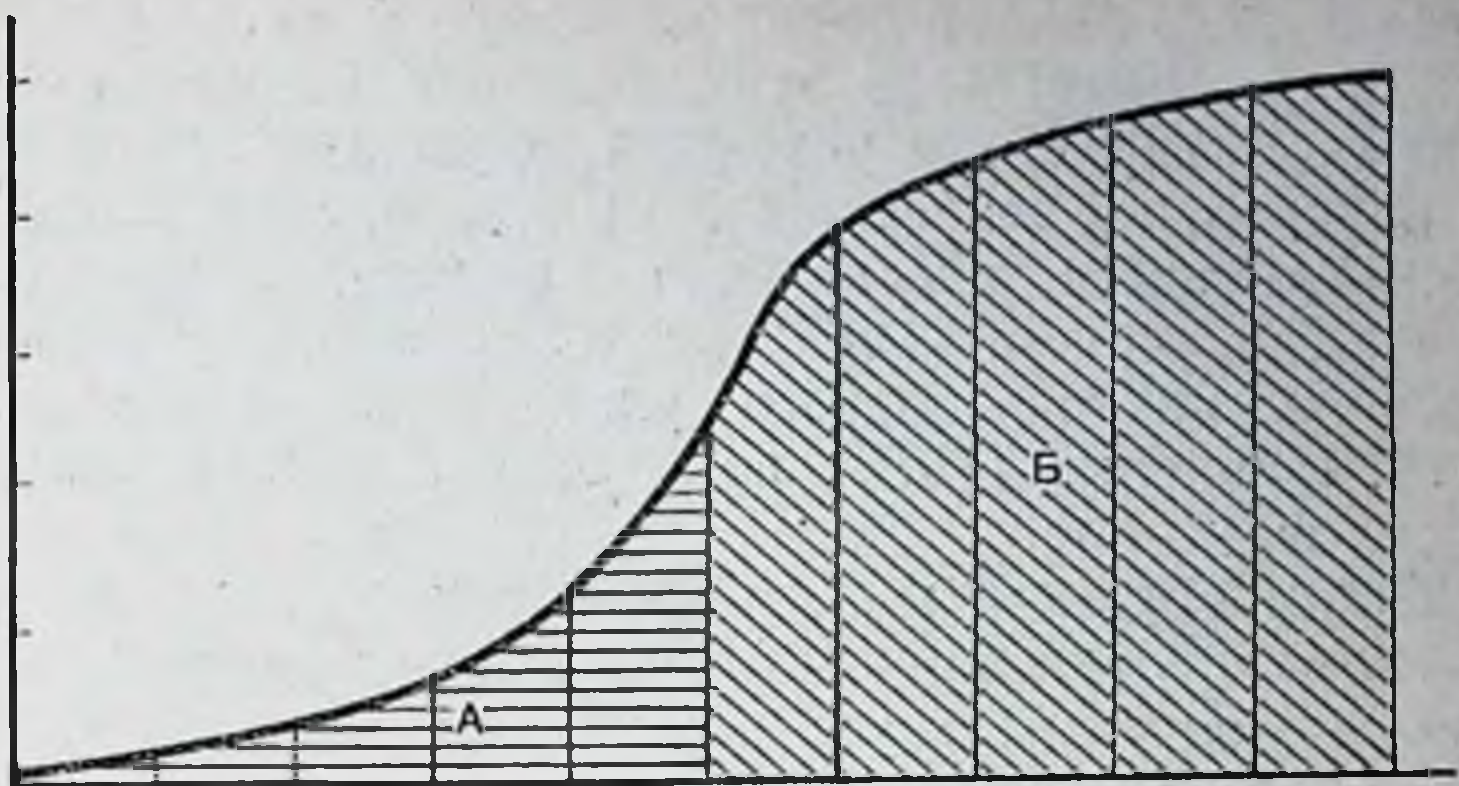


Рис. 26. S-образная зависимость ответной реакции от силы воздействия.

Участок А — возрастание ответной реакции; Б — постепенное уменьшение прироста ответной реакции при возрастании силы, переход ответной реакции в уравнительную фазу.

По ординате — выраженность ответной реакции; по абсциссе — сила (доза) действующего фактора.

реакции при возрастании силы или времени действия раздражения. В этом случае действующий гигиенический фактор при возрастании силы (дозы, концентрации) или времени его действия остается на уровне слабых раздражений. В случае реагирования по S-образной кривой ответная реакция переходит в уравнительную стадию парабриоза Введенского, и с увеличением силы и времени действия гигиенического фактора выраженность ответной реакции не изменяется, S-образная кривая переходит в плато. Конечно, закономерности Н. Е. Введенского выявить на целом организме значительно труднее, чем на изолированном нерве или нервно-мышечном препарате из-за взаимного накладывания друг на друга ответных реакций, осуществляемых одновременно на разных уровнях, но тем не менее S-образная кривая является, по-видимому, ничем иным, как выражением оптимума и пессимума.

Из-за взаимного накладывания друг на друга реакций, протекающих на разных уровнях интеграции, в целом организме не обнаруживается при действии гигиенических факторов парадоксальная фаза парабриоза Введенского, хотя измерение при этом скрытого времени рефлекторных реакций или силы ответных реакций во многих



случаях и выявляет парадоксальную фазу. Она постоянно обнаруживается по этим показателям при изучении динамики выработки условных рефлексов при действии на подопытных животных самых разнообразных факторов. Сошлемся здесь для примера на данные М. Н. Коновалова (1965) по изучению биологического действия низкочастотного ультразвука и на данные С. М. Павленко (1976) по изучению воздействия химических факторов.

Таким образом, можно прийти к выводу, что хотя закономерности сила — эффект и время — эффект маскируются взаимным накладыванием друг на друга реакций, протекающих на разных уровнях интеграции, тем не менее при детальном анализе обнаруживается их подчинение общим закономерностям оптимума и пессимума раздражения.

Что касается соотношения между силой и временем действия гигиенических факторов для достижения какой-либо определенной ответной реакции, например порогового ответа, смертельного исхода или какого-либо токсического эффекта в виде начала заболевания или определенных изменений в состоянии каких-либо функций или систем организма, то во всех этих случаях детальный анализ явлений открывает их подчиненность закону гиперболы, чаще всего выражаемому уравнением

$$i = \frac{a}{t} + b,$$

где  $i$  — сила воздействия;  $t$  — время воздействия;  $a$  и  $b$  — константы.

Наличие констант  $a$  и  $b$ , различных в разных случаях применения закона гиперболы и для разных видов воздействия, требует для установления закона проведения многих исследований. Однако строго математический вид закона силы — времени — эффекта позволил французскому физиологу Л. Лапику (1909) разработать методику, в значительной мере упрощающую определение конкретного вида закона гиперболы. Гипербола как строго математическая кривая может быть построена по двум точкам. Способ определения этих двух точек для построения гиперболы был найден Л. Лапиком. Этими точками являются широко известные реобаза и хронаксия. Под реобазой понимается пороговая сила воздействия того или иного фактора окружающей или производст-



венной среды при большой длительности его воздействия, а под хронаксией — минимальное время действия изучаемого фактора для достижения порогового (или какого-либо другого) эффекта при силе воздействия, равной удвоенной реобазе. На рис. 27 значения реобазы и хронаксии показаны скобками. По этим точкам оказывается возможным построить кривую силы — времени для

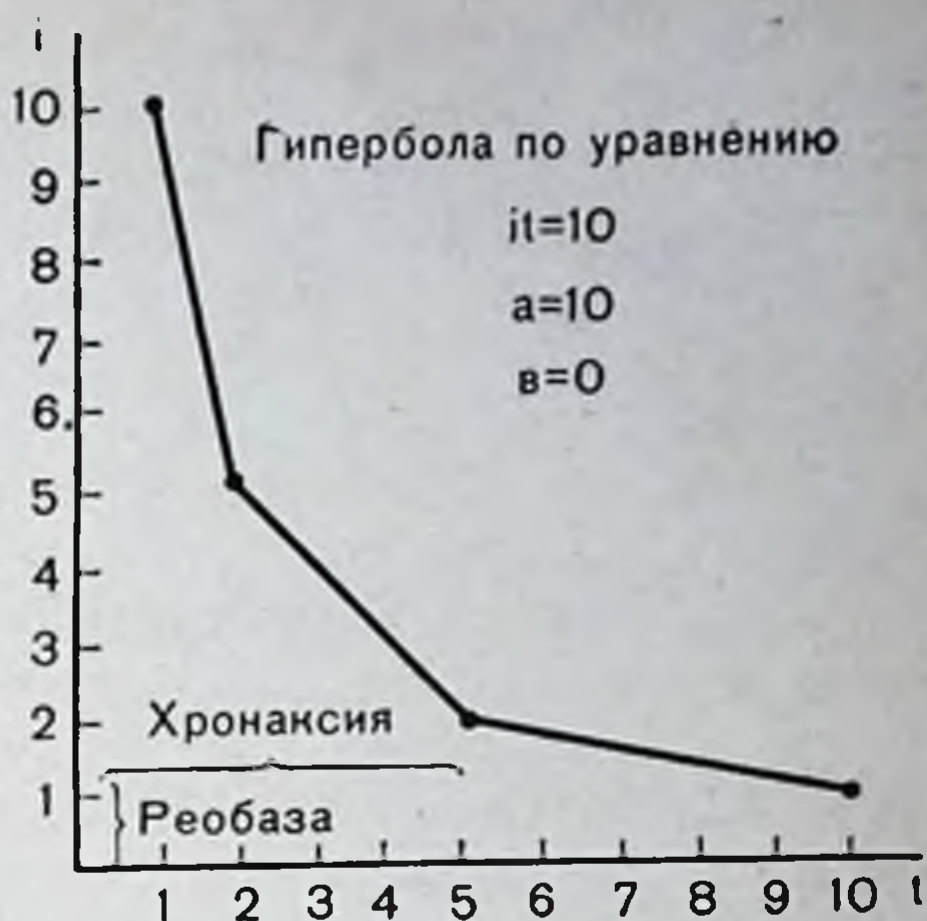


Рис. 27. Закон гиперболы.

любых воздействий и для любых возбудимых образований. Как видно, предложение Л. Лапика о реобазе и хронаксии представляет собой не что иное, как способ математического моделирования сложного процесса построения закона силы — времени — эффекта, а сама кривая силы — времени — эффекта позволяет проследить связь процесса выработки ответной реакции на то или иное воздействие с особенностями действующего фактора и в любое время прогнозировать тот или иной результат, формирующийся при том или ином воздействии. При наличии установленной кривой силы — времени — эффекта можно, в частности, прогнозировать возможные мероприятия по оздоровлению условий труда с большей достоверностью их полезного эффекта, как это сделано в отношении прогнозирования защитных мероприятий при воздействии радиоактивных воздействий. Здесь имеется в виду установление 50% смертельной дозы ионизирующей радиации. Она, как известно, составляет для общего облучения 500 Р. Установлены дозы, при которых начинают развиваться те или иные признаки лучевой болезни. Сейчас во всех учреждениях, где ведутся работы в условиях возможного воздействия ионизирующей радиации, каждому работнику выдается индивидуальный дозиметр, который и ведет точный учет дозы облучения. В этих случаях закон силы — времени — эффекта нашел свое полное применение.



Есть указания на то, что в отношении еще одного гигиенического фактора гигиенисты близки к установлению предельной нагрузки, за которой обязателен перевод на другую работу. Так обстоит дело в отношении силикоза. В этом случае также установлена связь накопления опасного количества силикозной пыли в легких с дозой этой пыли в атмосфере и временем работы в этих условиях. Установление такой связи позволяет определять безопасный срок работы в условиях попадания силикозной пыли в рабочую зону путем учета действующей дозы и времени пребывания в зоне ее действия.

Из изложенного следует, что учет силы и времени действия факторов производственной и окружающей среды и установление кривой силы—времени—эффекта создает новые и важные перспективы изучения их биологического действия и основы гигиенического прогнозирования профилактических и, в частности, эргономических мероприятий.

Биологической наукой установлен еще один вид неспецифического взаимодействия организма и гигиенических факторов, а именно общий адаптационный синдром, открытый Селье. Этот синдром представляет собой стрессорную реакцию и, по данным самого Селье, может быть определен как совокупность общих черт в реакциях живых организмов на все стимулы, которые имеют тенденцию нарушать динамический гомеостаз психологических, биохимических и физиологических процессов. Если воздействие стрессоров окажется длительным и интенсивным, то они вызовут целый ряд реакций, которые Селье и назвал общим адаптационным синдромом, включающим три фазы: реакцию тревоги, фазу сопротивления и состояние истощения.

Особенности динамики реагирования организма на воздействие гигиенических факторов. Здесь следует прежде всего указать на то, что формирование ответных реакций, возникающих на воздействие производственных факторов, требует затраты некоторого количества времени. Это время, протекающее между началом того или иного воздействия и моментом возникновения ответной реакции, получило название скрытого времени. Оно может колебаться в зависимости от характера воздействия и ответной реакции организма от долей секунды до многих часов и даже дней. В связи с тем что именно за время скрытого периода происходит формирование всех сто-



рон ответной реакции организма, скрытое время считается одним из важнейших физиологических показателей процесса формирования ответной реакции. Для целого организма самое короткое время имеет место при формировании ответной реакции на воздействие, воспринимаемое экстерорецепторами (глаз, ухо, рецепторы боли, осязания, тепла и холода, обонятельный и вестибулярный анализаторы и т. д.). Величина скрытого времени этих реакций (табл. 7) входит в продолжительность ответных реакций, выполняемых при управлении производственным оборудованием.

Таблица 7

Величина скрытого времени различных сенсомоторных реакций

Рефлекторные реакции	Скрытое время, мс	Авторы
Сухожильные рефлексы		
разгибатель кисти	65—70	} С. И. Горшков, Е. Г. Жахметов
коленный рефлекс	70—100	
ахиллов рефлекс	120—190	
рефлекс двуглавой мышцы плеча	140—160	
На болевое электрокожное раздражение	100—120	} С. И. Горшков
На слуховое раздражение	140—160	
» световое »		
центральная часть сетчатки	160—180	} С. И. Горшков
периферия сетчатки	180—220	
На слуховое, световое раздражение с выбором (дифференцировка)	220—340	} С. И. Горшков, Н. А. Коханова
На тепловое болевое раздражение	360—400	
На тепловое контактное раздражение	500—800	
На холодное контактное раздражение	350—450	
На тепловое радиационное раздражение	1000—1400	
На холодное радиационное раздражение	2—5 мин	



Рефлекторные реакции	Скрытое время, мс	Авторы
<b>Вестибуломоторные реакции</b>		
на положительное угловое ускорение		
вправо	260—270	
влево	270—280	
на отрицательное угловое ускорение		
вправо	250—260	С. И. Горшков А. В. Колесникова Г. А. Антропов
влево	270—280	
на положительное прямолинейное ускорение	360—380	
на отрицательное прямолинейное ускорение	320—340	
<b>На обонятельное раздражение воздействие паров:</b>		
релина	900—1000	С. И. Горшков, Г. А. Пронин
линолеума	700—800	
древесно-стружечных плит	900—1000	

Как видно из табл. 7, наиболее быстро реагирующими являются зрительный и слуховой рецепторы, медленнее реагирует вестибулярный анализатор, еще медленнее — температурный и наиболее медленно реагирующим является обонятельный анализатор. В то же время самые медленные реакции возникают при воздействии радиационного тепла и холода. Для них рецепторы находятся в подкожных венах.

Ответные реакции, осуществляемые скелетными мышцами, являются быстрыми. В противовес этому можно привести данные о том, что ответные реакции, осуществляемые сердцем в виде изменения частоты пульса или просвета сосудов и кровяного давления или в виде изменения температуры кожи и уровня потоотделения, т. е. ответные реакции, осуществляемые вегетативной нервной системы, являются более медленными.



Их скрытое время исчисляется секундами. Эти данные приведены в табл. 8, составленной по материалам кандидатской диссертации Ю. Ф. Хворова, выполненной в Ивановском медицинском институте (1973).

Таблица 8

Скрытое время некоторых вегетативных рефлексов

Исследуемый показатель	Скрытое время, с	Исследуемый показатель	Скрытое время, с
Скрытое время глазо-сердечного рефлекса по изменению частоты пульса	$5,2 \pm 0,3$	Скрытое время реакции расширения просвета сосудов в ответ на дозированную физическую нагрузку	$7,8 \pm 1,0$
Скрытое время изменения частоты пульса в ответ на дозированную физическую нагрузку	$1,2 \pm 0,1$	Скрытое время реакции сужения просвета сосудов в ответ на дозированную физическую нагрузку	$8,9 \pm 0,9$
Скрытое время реакции потоотделения в ответ на дозированную физическую нагрузку	$4,3 \pm 0,2$		

Формирование ответных реакций на воздействие факторов, воспринимаемых, помимо органов чувств, происходит еще медленнее, о чем можно судить по времени возникновения тех или иных ответных реакций в различных системах организма. При этом важную роль в скорости формирования ответных реакций играет и сила действующего фактора. Как видно на рис. 28, на котором представлена, по данным Р. М. Никольской (1978), динамика содержания гексуроновых кислот в аорте белых крыс, подвергавшихся ингаляционной заправке диметилдиоксаном (в процентах к контролю), при большой дозе (0,35 мг/л) достоверное возрастание гексуроновой кислоты было достигнуто только на 19-й день, после заправки, в то время как при меньшей дозе (0,04 мг/л) достоверное возрастание гексуроновой кислоты наблюдалось только на 91-й день после начала заправки.



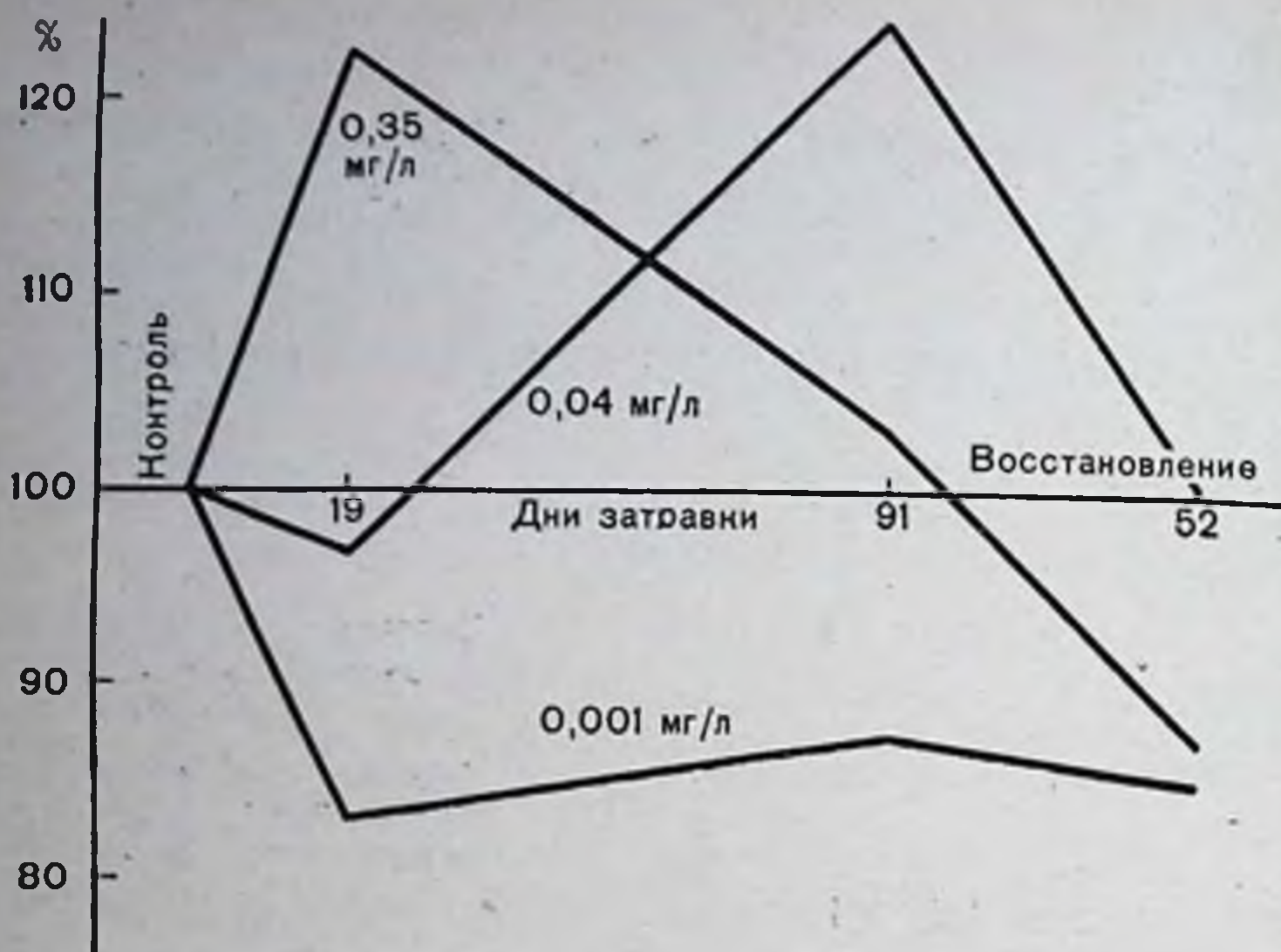


Рис. 28. Динамика содержания гексуроновых кислот в аорте крыс, подвергавшихся ингаляционному воздействию диметилдиоксида (в % к контролю).

На этом рисунке показана и фазность сдвига — разнонаправленность изменений при разных дозах действующего фактора, что указывает на чередование фаз компенсации и токсического действия.

Однако фазность тех или иных сдвигов может происходить и в результате перехода формирования ответной реакции из одной функционирующей системы в другую. Такой переход осуществляется, например, при воздействии радиоактивных излучений. Сразу после облучения ответная реакция возникает в выраженной форме на уровне центральной нервной системы, о чем можно судить по динамике скрытого времени рефлекторных реакций. Однако эти изменения в состоянии центральной нервной системы после скрытого периода в 2—3 нед уступают место другим проявлениям лучевой болезни, проявляющимся в особенности динамики изменений состава крови. Переход формирования ответной реакции с уровня центральной нервной системы на уровень физико-химических реакций наблюдается и при биологическом действии низкочастотного ультразвука и других гигиенических факторов.



Из изложенного видно, что динамика формирования ответных реакций организма на воздействие факторов производственной и окружающей среды имеет самое ближайшее отношение к пониманию их биологического действия, а тем самым и к их гигиеническому нормированию, что лежит в основе выработки защитных мероприятий, в том числе и эргономических.

Закономерности адаптации организма к действию гигиенических факторов на основе представлений о функциональных системах организма. Выше были изложены некоторые закономерности формирования ответных реакций организма на воздействия факторов производственной и окружающей среды. Однако из учета этих закономерностей реагирования организма, взятых в отдельности, еще не виден тот путь, по которому происходит интеграция, взаимодействие различных систем и органов в их ответах на совершившееся воздействие. Этот процесс на разных этапах развития биологической и медицинской науки представлялся по-разному. Было время, когда понимание этого процесса основывалось на представлении об автономности отдельных систем организма в формировании ответа на воздействие. Это — известная теория целлюлярной патологии, созданная Р. Вирховым. Исходя из ложного истолкования клеточной теории, Р. Вирхов с самого начала отрицал целостность организма и его единство с внешней средой и утверждал, что сложный организм является совокупностью клеток, самостоятельно реагирующих на воздействие факторов внешней среды. На смену этому представлению, благодаря в особенности усилиям отечественных физиологов, патофизиологов, клиницистов и гигиенистов, постепенно упрочилось представление о единстве организма и среды, о целостности реагирования организма, в основе которого был заложен рефлекторный принцип интеграции.

Дальнейшим развитием представления о целостности реагирования организма на воздействие факторов внешней среды и рефлекторного принципа интеграции является теория функциональных систем, развитая П. К. Анохиным. Суть этой теории заключается в том, что всякая компенсация нарушенных функций организма, т. е. восстановление его гомеостаза, может осуществляться только путем мобилизации или интеграции значительно-го числа физиологических компонентов, расположенных



в различных частях центральной нервной системы и рабочей периферии, однако всегда функционально объединенных на основе получения конечного приспособительного эффекта, необходимого в данный момент взаимодействия с факторами окружающей и производственной среды.

Такое широкое функциональное объединение различно локализованных структур и процессов на основе получения приспособительного эффекта и было названо П. К. Анохиным «функциональной системой». Функциональные системы могут быть врожденными (видовыми), благоприобретенными в порядке индивидуального развития и создаваться для разового реагирования на какое-либо одиночное, например стрессорное, воздействие. К врожденным относятся функциональные системы, обеспечивающие жизненно важные функции организма, — дыхания, кровообращения, пищеварения, деторождения и многие другие, к благоприобретенным — функциональные системы, обеспечивающие навыки и привычки организма, вырабатываемые путем тренировки и обучения. Объединение многих систем организма может создаваться в чрезвычайных ситуациях на воздействие стрессорных факторов. Функциональные системы могут осуществляться на разных уровнях интеграции: популяционном, организменном, системном, органном, тканевом, клеточном и молекулярном. Популяционный уровень интеграции имеет место тогда, когда воздействие того или иного фактора окружающей и производственной среды касается сразу населения целого региона и когда ответные реакции вырабатываются одновременно у многих организмов этого региона. К ним относятся, например, реакции адаптации людей при их переезде на длительный срок в северные районы. Реакции на уровне организма — это изменения его работоспособности, его состояния здоровья, например происшедшая недавно акселерация. Системный уровень — приспособительные изменения той или иной отдельно взятой системы или одновременно ряда функций, например сердечно-сосудистой системы, системы терморегуляции. Не представляет трудностей для понимания клеточный уровень интеграции. В этом случае имеются в виду ответные реакции клеточных структур, например митохондрий. Исследования на молекулярном уровне в настоящее время являются главным достижением биологической и медицинской науки.



Процессы памяти, передачи наследственной информации связываются с молекулярными механизмами нуклеиновых кислот.

Из содержания раздела видно, что процессы адаптации к воздействию факторов производственной и окружающей среды происходят в организме на основе учета информативности действующих факторов, закономерностей силы и времени их действия, особенностей динамики формирования ответных реакций и механизма интеграции проявления всех особенностей действия изучаемых факторов на основе представлений о функциональных системах организма. Учет всех этих общих черт реагирования организма на воздействие гигиенических факторов дает возможность научно обосновать их нормирование и на этой основе разрабатывать эргономические рекомендации к конструкциям производственного оборудования и организации рабочих мест.

### **Эргономический подход к нормированию факторов производственной среды**

Одним из основных требований производственной эргономики является положение, которым предусматривается, что конструкции машин и производственного оборудования должны быть рассчитаны так, чтобы они не были источником неблагоприятных санитарно-гигиенических условий труда. Конкретно это означает, что конструкции оборудования должны соответствовать гигиеническим требованиям в отношении поддержания на рабочем месте санитарно-гигиенических условий труда на уровне нормативов, установленных санитарным законодательством (Горшков С. И., 1971).

В соответствии с этим положением эргономический подход к нормированию факторов производственной среды должен заключаться в том, что в случае обнаружения на том или ином производстве условий, отклоняющихся от установленных нормативов, должны быть приняты меры к усовершенствованию конструкции производственного оборудования, при осуществлении которых были бы достигнуты нормативные значения гигиенических показателей.

Согласно ГОСТу 12.0.003-74, опасные и вредные производственные факторы, действующие на исполнителя на рабочем месте, подразделяются по природе действия



на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Группа *физических* факторов подразделяется в свою очередь на следующие подгруппы: температура поверхностей оборудования, материалов; температура, влажность и подвижность воздуха, его ионизация, запыленность и загазованность; уровни шума, вибрации, инфразвуковых колебаний, ультразвука, статического электричества, электромагнитных излучений, напряженности электрического и магнитного полей; опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; естественная и искусственная освещенность; яркость света; прямая и отраженная блескость; пульсация светового потока; контрастность; уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации.

Группа *химических* факторов подразделяется по характеру воздействия на организм человека: общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные и влияющие на репродуктивную функцию и по пути проникновения в организм человека: через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожный покров.

Группа *биологических* факторов включает биологические объекты, воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания: микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие), макроорганизмы (растения и животные).

Группа *психофизиологических* факторов по характеру действия подразделяется на следующие подгруппы: физические перегрузки (статические, динамические), гиподинамию, нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Многие из приведенных факторов, особенно биологические и психофизиологические, не имеют четких предельно допустимых выражений, а нормы некоторых других нуждаются в уточнении.

Приведем данные по наиболее часто встречающимся на рабочем месте гигиеническим показателям. При этом надо исходить из того, что если данный фактор не является технологически обусловленным, то его показатели на рабочем месте должны быть в оптимальных пределах.



**Воздух рабочей зоны.** В основу этого раздела положены материалы СН 245-71 и ГОСТа 12.1.005-76, где установлены общие санитарно-гигиенические требования к микроклимату и содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

*Микроклимат* — это комплекс значений физических характеристик метеорологических факторов в исследуемом ограниченном пространстве, определяющий тепловой обмен между телом и внешней средой на рабочем месте, складывающийся из температуры воздуха, его влажности и подвижности и температуры окружающих предметов (оборудования и конструкций помещения). Нормирование показателей микроклимата тесно связано с тяжестью труда.

Согласно действующей классификации, все работы, производимые на предприятиях, по тяжести подразделяются на три категории.

**Легкие физические работы (категория I)** — работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей; энергозатраты до 150 ккал/ч (172 Дж/с).

**Физические работы средней тяжести (категория II)** — работы, включающие виды деятельности, при которых расход энергии составляет от 150 до 200 ккал/ч (172—232 Дж/с) — категория IIa и от 200 до 250 ккал/ч (232—250 Дж/с) — категория IIб. К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей. К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей.

**Тяжелые физические работы (категория III)** — работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянными передвижениями и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей; энергозатраты более 250 ккал/ч (293 Дж/с).

Оптимальные микроклиматические показатели на рабочем месте представлены в табл. 9.

С точки зрения требований рабочего места необходимо выделить температуру нагретых поверхностей, оборудования и ограждений, которая не должна превышать 45°C, а для оборудования, внутри которого температура равна или ниже 100°C, она на поверхности не должна превышать 35°C.



Таблица 9

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-76)

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходный периоды года (температура наружного воздуха ниже +10°С)	Легкая — I	20—23	60—40	0,2
	Средней тяжести — IIa	18—20	60—40	0,2
	Средней тяжести — IIб	17—19	60—40	0,3
	Тяжелая — III	16—18	60—40	0,3
Теплый период года (температура наружного воздуха +10°С и выше)	Легкая — I	22—25	60—40	0,2
	Средней тяжести — IIa	21—23	60—40	0,3
	Средней тяжести — IIб	20—22	60—40	0,4
	Тяжелая — III	18—21	60—40	0,5

При невозможности по техническим причинам достигнуть указанных температур вблизи источников значительного лучистого и конвекционного тепла (плавильные нагревательные агрегаты, расплавленный и раскаленный металл и др.) должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегревания: водо-воздушное душирование, экранирование, высокодисперсное распыление воды на облучаемые поверхности, кабины или поверхности радиационного охлаждения, помещения для отдыха и др.

Воздушное душирование надлежит предусматривать на постоянных рабочих местах, характеризующихся воздействием лучистого тепла на работающих 300 ккал/(м<sup>2</sup>·ч) и более.

На рабочих местах, на которых производятся операции, связанные с постоянным соприкосновением с мокрыми и холодными предметами (например, разделка мороженого мяса, рыбы), следует предусматривать устройства для обогревания рук.

Как правильно отмечают на основе данных литературы В. П. Зинченко с соавт. (1974), на производстве реко-



мендуется создавать динамичный климат с определенными перепадами показателей, тренирующий терморегуляционный аппарат и тонизирующий нервную систему. Установлено, что «щадящий температурный комфорт», «тепличные условия» могут действовать как монотонный раздражитель, вызывающий тормозное состояние. Однако температура воздуха у поверхности пола и на уровне головы не должна отличаться более чем на 5°C.

Говоря о микроклимате, необходимо привести эргономический показатель: в среднем отклонение температуры воздуха от нормативов на 1°C соответствует снижению производительности труда на 1% (Горшков С. И., Рошин А. В., 1971).

*Группа химических факторов* в воздухе рабочей зоны представлена вредными веществами и аэрозолями преимущественно фиброгенного действия. В настоящее время гигиенистами разработаны предельно допустимые концентрации 646 вредных веществ и 57 аэрозолей. Из-за многочисленности этих двух групп веществ мы их здесь не приводим и отсылаем читателя к приведенному выше ГОСТу.

Считаем только необходимым обратить внимание на соответствующий подход при одновременном присутствии в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия. При этом сумма отношений фактических концентраций каждого из них ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) в воздухе помещений к их ПДК ( $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ ) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

К вредным веществам однонаправленного действия, как правило, следует относить вредные вещества, близкие по химическому строению и характеру биологического действия на организм человека (Карпов Б. Д., 1976).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

**Освещенность.** В основу этого раздела легли нормативные документы СНиП II-A.8-72, СНиП II-A.9-71, работы Ф. М. Черниловской (1971, 1976). При этом нормативные показатели освещенности нами умышленно ограничены I—VI разрядом зрительной работы, которые



наиболее часто встречаются на фиксированных рабочих местах.

Производительность труда каждого работника находится в прямой зависимости от рациональности по виду и оптимальности, по интенсивности освещения на рабочем месте как фактора эффективного функционирования зрительной и двигательной систем и состояния центральной нервной системы.

В производственных помещениях используются три вида освещения: естественное, искусственное и смешанное.

Действие естественного света на организм человека характеризуется многообразием и многоплановостью: здесь и биологическое, сформировавшееся в процессе фило- и онтогенеза, и психологическое, обеспечивающее непосредственную зрительную связь с внешней средой, и производственное, создающее достаточную равномерную освещенность.

*Естественное* освещение в производственных помещениях осуществляется через боковые световые проемы, окна (боковое освещение) и через верхние световые проемы, фонари (верхнее освещение). В многопролетных помещениях применяется комбинированное освещение, когда при наличии верхнего в местах, наиболее удаленных от фонарей, применяется и боковое освещение.

В помещениях с недостаточным по условиям зрительной работы естественным освещением используется совмещенное освещение, т. е. недостаточное естественное освещение постоянно дополняется искусственным.

Уровень естественного освещения на рабочих местах определяется коэффициентом естественного освещения ( $e$ ) и показывает, какую долю наружного освещения диффузного света небосвода составляет освещенность в оцениваемой точке внутри помещения и нормируется в первую очередь, как и вообще освещенность, характером зрительной работы (табл. 10).

*Искусственное* освещение подразделяется на общее, местное и комбинированное. Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным (при однотипных работах, выполняемых по всей площади помещения и большой плотности рабочих мест) или локализованным (при наличии громоздкого затеняющего оборудования и при необходимости определенного направления света). Местное осве-



Таблица 10

Значение  $e$  для производственных помещений для «условий рабочей поверхности» (СНиП П-А.8-72)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Значение $e$ при естественном освещении	
			верхнем и комбинированном	боковом

Выполняемая работа:

наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
очень высокой точности	0,15—0,3	II	7	2,5
высокой точности	0,3—0,5	III	5	2
средней точности	0,5—1	IV	4	1,5
малой точности	1—5	V	3	1
грубая	Более 5	VI	2	0,5

щение предназначено для освещения только рабочих поверхностей. Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, при необходимости определенного или изменяемого в процессе работы направления света.

На современном производстве для освещения рабочих мест при разных способах обеспечения нормативной освещенности в рабочей зоне повсеместно переходят на люминесцентное освещение. В каждом конкретном случае этот вопрос решается по-своему, и примером такого решения является разработка нового рабочего места швей-мотористки, описанного в пятой главе настоящего сборника.

Люминесцентные лампы являются газоразрядными ртутными лампами низкого давления, внутренняя поверхность которых покрыта слоем люминофора. При зажигании лампы в парах ртути происходит превращение электрической энергии в энергию коротковолнового ультрафиолетового излучения с длиной волн 254 и 185 нм. Люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет, спектральная характеристика которого за-



висит от состава и способа приготовления люминофора. Достоинством люминесцентных ламп является их высокая экономичность: световая отдача их в 3—4 раза выше ламп накаливания. Кроме того, люминесцентные лампы обладают многими гигиеническими преимуществами перед лампами накаливания. Они обладают большой поверхностью свечения, следовательно обеспечивается равномерное распределение освещенности в поле зрения работающих; малым тепловым излучением; спектр излучения их близок к спектру естественного дневного света (у ламп ЛЕ и ЛДЦ), а отсюда почти естественная цветопередача. Люминесцентными лампами создаются благоприятные условия освещения для органа зрения, а также для организма человека в целом. Люминесцентное освещение способствует снижению утомления зрения, улучшению функционального состояния центральной нервной системы, повышению производительности труда и улучшению качества выпускаемой продукции.

Представляют интерес и ожидают технической разработки для широкого внедрения рекомендации Ф. М. Черниловской (1971) по изменению интенсивности освещения в производственном помещении на протяжении рабочего дня как рефлекторного фактора, улучшающего общую работоспособность человека, отдаляющего наступление утомления и снимающего уже развившееся утомление.

В настоящее время уже выпускаются различные типы люминесцентных ламп, отличающиеся характером распределения светового потока по спектру.

1. Лампы дневного света (ЛД) по спектральной характеристике излучения близки к рассеянному дневному свету.

2. Лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ) по спектральному составу излучения более близки к естественному свету.

3. Люминесцентные лампы типа ЛЕ наиболее близки к спектру естественного солнечного света.

4. Лампы белого света (ЛБ) дают излучение с меньшим содержанием синефиолетовых лучей, чем лампы дневного света.

5. Лампы холодно-белого света (ЛХБ) по спектру излучения занимают промежуточное положение между лампами ЛБ и ЛД.



6. Лампы тепlobелого света (ЛТБ) имеют свет розово-белого оттенка.

7. Лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) высокого давления с исправленной цветностью рассчитаны на помещения с высотой более 12—14 м, при высоте ниже 6 м применение их нецелесообразно.

8. Лампы ДРИ — ртутные лампы высокого давления с добавкой йодидов металлов. Они разработаны на базе ламп ДРЛ, имеют улучшенную цветность излучения и являются одним из наиболее экономичных источников света общего назначения.

Для люминесцентных ламп применяются преимущественно многоламповые светильники. Это дает возможность использовать специальные схемы включения для уменьшения пульсации светового потока.

Нормы уровней искусственного освещения на рабочих местах в соответствии с разрядом зрительной работы, контрастностью объекта различения в сравнении с фоном представлены в табл. 11.

При системе общего освещения производственных помещений, где выполняются работы I—V разрядов, следует использовать, как правило, газоразрядные лампы (люминесцентные лампы, лампы ДРИ и ДРЛ).

При выполнении работ I—IV, Va и Vб разрядов следует применять систему комбинированного освещения.

Использование системы общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения.

Общее освещение в системе комбинированного следует выполнять, как правило, газоразрядными лампами независимо от типа источника света, используемого для местного освещения.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения при системе комбинированного, должна составлять 10% нормируемой для комбинированного освещения, но не менее 150 лк при газоразрядных лампах.

Для местного освещения должны использоваться светильники с непросвечивающими отражателями, имеющими защитный угол не менее 30°.

Допускается использование светильников местного освещения с отражателями, имеющими защитный угол 10—30°, при расположении их ниже уровня глаз работающего.



**Нормы освещенности рабочих поверхностей  
в производственных помещениях (СНиП II-A.9-71)**

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
						система комбинированного освещения	система общего освещения
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а.	Малый	Темный	5000	1500
			б	Средний	Средний Темный	4000	1250
	0,15—0,3	II	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	3000	1000
			г	Средний Большой	Светлый	1500	400
Очень высокой точности	0,15—0,3	II	а	Малый	Темный	4000	1250
			б	Средний	Средний Темный	3000	750
	0,15—0,3	II	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	500
			г	Средний Большой	Светлый	1000	300



Высокой точности	0,3—0,5	III	а	Малый	Темный	2000	500		
			б	Средний	Средний	1000	300		
Средней точности	0,5—1	IV	в	Малый	Светлый	750	300		
			г	Средний	Средний	400	200		
				Большой	Средний				
			а	Малый	Темный	750	300		
			б	Средний	Средний	500	200		
			Малой точности	1—5	V	в	Малый	Светлый	400
г	Средний	Средний				300	150		
	Большой	Средний							
а	Малый	Темный				300	200		
б	Средний	Темный				200	150		
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI				в	Малый	Светлый	—
			г	Средний	Средний	—	100		
				Большой	Темный				
			—	—	—	Средний	Светлый	—	100
						Большой	Средний		
			—	—	—	—	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	—	100



**Шум.** В настоящее время шум является сопутствующим фактором почти любого производства и его присутствие остается реальным, несмотря на усилия конструкторов и разработчиков по его устранению или хотя бы ограничению.

По вопросу о воздействии шума на организм человека имеется многочисленная отечественная и зарубежная литература. Картина его воздействия отличается широкой полиморфностью: от первоочередного влияния на центральную нервную систему с широкой палитрой астенических состояний, с воздействием почти на любую систему организма до органического поражения слухового нерва.

Производительность труда под действием шума, по данным литературы, снижается до 60 и даже 40%.

Общие требования безопасности к шуму изложены в ГОСТе 12.1.003-76. Стандарт устанавливает классификацию шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования (далее — машин) и к защите от шума.

По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные, с непрерывным спектром шириной более одной октавы; тональные, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона. Тональный характер шума устанавливается измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА, и непостоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не менее чем на 5 дБА.

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяются на непрерывно колеблющиеся во времени; прерывистые, уровень звука которых резко падает до уровня фонового шума, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1 с и более; импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА отличаются не менее чем на 10 дБ.



Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА, определяемый по ГОСТу 20445-75.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах следует принимать для широкополосного шума (табл. 12).

Таблица 12

**Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах производственных предприятий (ГОСТ 12.1.003-76)**

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здравпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Кабинеты наблюдений и дистанционного управления:									
без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения и участки точной сборки; машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65



Продолжение

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Допускается до 1 декабря 1979 г. в условиях, характеризующихся повышенными уровнями шума и требующих осуществления специальных мероприятий по снижению шума	103	96	91	88	85	83	81	80	90

Для снижения шума на рабочем месте до допустимого уровня должны применяться технические средства борьбы с шумом: уменьшение шума машин в источнике, применение технологических процессов, обеспечивающих ПДУ, строительно-акустические мероприятия, применение дистанционного управления шумными машинами, обязательное применение средств индивидуальной защиты работниками при уровне шума на рабочем месте более 85 дБА; организационные мероприятия (рациональный режим труда и отдыха, сокращение времени нахождения в шумных условиях).



**Вибрация.** Как фактор производственной среды вибрация встречается в большинстве отраслей промышленности: в качестве способа передачи энергии и воздействия на обрабатываемый предмет (виброуплотнение, формование, прессование, бурение, рыхление, вибротранспортировка и т. д.), в качестве сопутствующего фактора передвижных и стационарных механизмов, работающих на основе вращательных или возвратно-поступательных движений. Колебательное движение складывается из колебаний взаимодействующих между собой частей оборудования, обрабатываемого изделия и других элементов. В связи с этим возникающее колебательное движение является аperiодическим, часто носит импульсный или толчкообразный характер. В зависимости от характера контакта тела рабочего с вибрацией ее подразделяют на *местную*, или локальную, передаваемую через руки работающего, и *общую*, передаваемую через поверхности опоры в позе работающего сидя или стоя. В процессе работы встречается сочетанное действие вибрации на организм с преобладанием местной или общей.

Отрицательное механическое воздействие вибрации на организм проявляется на частотах 3—30 Гц в связи с наличием резонансных пиков как всего тела, так и отдельных частей его, а также связано с положением исполнителя во время работы. При увеличении частоты колебания (более 30 Гц) происходит ослабление механической передачи вибрации по телу человека. В связи с этим на первый план начинают выступать нервно-рефлекторные расстройства местного характера (сосудистые, нервно-мышечные, костно-суставные и другие нарушения).

Если местная вибрация малой интенсивности действует на организм человека благоприятно и используется в медицине, то интенсивное и длительное воздействие вибрации в условиях производства приводит в ряде случаев к развитию профессиональной патологии — вибрационной болезни.

Воздействие на работающего общей вибрации разных параметров приводит к выраженным изменениям в центральной и вегетативной нервной системе, сердечно-сосудистой системе, обменных процессах, вестибулярном аппарате.

Действующая на рабочем месте вибрация ограничивается следующими нормативными документами: мест-



ная — ГОСТом 17770-72 и другими, общая — СН 245-71, 1102-73 (табл. 13, 14). Кроме того, в настоящее время действует ряд узкопрофильных санитарных норм для сельскохозяйственных и автотранспортных механизмов, для морских и речных судов, для железнодорожного транспорта и т. д.

Таблица 13

Допустимые уровни вибрации ручных машин (ГОСТ 17770-72)

Средние геометрические частоты октавных полос, Гц	Граничные частоты октавных полос, Гц		Допустимая колебательная скорость	
	нижние	верхние	действующие значения, м/с	уровни действующих значений, дБ
8 <sup>1</sup>	5,6	11,2	$5,00 \cdot 10^{-2}$	120
16	11,2	22,4	$5,00 \cdot 10^{-2}$	120
31,5	22,4	45	$3,50 \cdot 10^{-2}$	117
63	45	90	$2,50 \cdot 10^{-2}$	114
125	90	180	$1,80 \cdot 10^{-2}$	111
250	180	355	$1,20 \cdot 10^{-2}$	108
500	355	710	$0,90 \cdot 10^{-2}$	105
1000	710	1400	$0,63 \cdot 10^{-2}$	102
2000	1400	2800	$0,45 \cdot 10^{-2}$	99

<sup>1</sup> В октавной полосе со средней геометрической частотой 8 Гц контроль числовых значений колебательной скорости должен производиться только для ручных машин с числом оборотов или ударов меньше 11,2 в 1 с.

Меры профилактики по снижению действия вибрации на организм работающего должны в первую очередь заключаться в замене виброопасной технологии вибробезопасной с ликвидацией контакта или воздействия ее на исполнителя. Поле деятельности здесь для изобретательства неограниченное. Эффективными мерами борьбы с вибрацией являются разработка инструмента с пониженной вибрацией и прикладываемым усилием при его эксплуатации, применение различных демпфирующих приспособлений, а также планово-предупредительный ремонт существующего оборудования. Особо следует выделить гигиенические меры профилактики, регламентирующие определенный режим труда и отдыха в зависи-



Таблица 14

**Допустимые величины параметров вибрации рабочих мест  
(СН 245-71)**

Для колебаний с несколькими гармоническими составляющими или сплошным спектром			Для гармонических и полигармонических колебаний	
среднегеометрические и граничные (в скобках) частоты октавных полос, Гц	среднеквадратическое значение колебательной скорости		частота, Гц	амплитуда (пиковое значение) перемещения, мм
	величины, мм/с	уровни (дБ) относительно порога $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с		
<u>2</u> (1,4—2,8)	11,2	107	1,4	3,1100
			1,6	2,2200
			2,0	1,2800
			2,5	0,7300
			2,8	0,6100
			3,2	0,4400
<u>4</u> (2,8—5,6)	5,0	100	4,0	0,2800
			5,0	0,1600
			5,6	0,1300
<u>8</u> (5,6—11,2)	2,0	92	6,3	0,0900
			8,0	0,0560
			10,0	0,0450
			11,2	0,0410
<u>16</u> (11,2—22,4)	2,0	92	12,5	0,0360
			16,0	0,0280
			20,0	0,0225
			22,4	0,0200
			25,0	0,0180
<u>31,5</u> (22,4—45)	2,0	92	31,5	0,0140
			40,0	0,0113
			45,0	0,0102
			50,0	0,0090
			63,0	0,0072
<u>63</u> (45—90)	2,0	92	80,0	0,0056
			90,0	0,0050



мости от интенсивности воздействия и характера труда, и лечебно-профилактические мероприятия, направленные на повышение защитных свойств организма и работоспособности.

Заканчивая раздел эргономического подхода к нормированию факторов производственной среды на рабочих местах, следует еще раз подчеркнуть, что существующие нормативы по мере накопления биологических фактов ужесточаются, свидетельством чего является сравнительная кратковременность (5 лет) действия ГОСТов, т. е. идет непрерывный процесс оптимизации эргономической системы «человек—машина—производственная среда», ибо настает время, когда работникам промышленности не надо доказывать, что невыполнение гигиенических требований эргономики ухудшает условия труда на производстве, ведет к понижению работоспособности и производительности труда, к профессиональной заболеваемости.



## IV. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭРГОНОМИКИ

### Размерные соотношения на рабочем месте

Соответствие конструкции производственного оборудования и организации рабочего места антропометрическим данным и физиологическим, и психологическим возможностям человека является важным условием оптимизации взаимодействия между человеком и оборудованием в системе «человек — машина». Обеспечение этого соответствия способствует повышению работоспособности человека, эффективности выполнения производственного задания.

Небезынтересно отметить, что на конструкцию производственного оборудования применительно к «человеческому фактору» обращали внимание еще в XV веке. Так, в 1473 г. Ellenbog указывал, что неудачно сконструированное оборудование неблагоприятно отражается на здоровье человека (цит. по Tichauer E. R., 1967).

В настоящее время вследствие технического усложнения машин и механизмов, повышения их скоростей работы эргономические требования к конструкции обслуживаемой техники и организации рабочего места повышаются.

Физиологическими исследованиями показано, что несоблюдение этих требований приводит к выполнению работы в неудобной позе, появлению неблагоприятных физиологических изменений, более раннему развитию утомления.

Основными рабочими позами являются позы сидя и стоя. При ряде видов работ наиболее целесообразной становится поза сидя — стоя. При проектировании рабочей позы следует исходить из величины прилагаемых мышечных усилий, степени точности и скорости движений, характера выполняемой работы, минимального расхода энергии, максимальной производственной результативности движений.



При выборе основной рабочей позы предпочтение следует отдавать позе сидя перед позой стоя. Поза сидя менее утомительна, так как вследствие уменьшения высоты центра тяжести над площадью опоры повышается устойчивость тела; при этом понижается напряжение мышц, необходимое для сохранения позы, уменьшается гидростатическое давление и нагрузка на сердечно-сосудистую систему. Выполнение работы в положении сидя обеспечивает большую точность рабочих движений. Масса поднимаемого груза при работе сидя не должна превышать 5 кг.

Работа стоя оказывается предпочтительнее в тех случаях, когда оператор в течение смены должен свободно передвигаться, когда работа выполняется на таком производственном оборудовании, как расточные, фрезерно-пробельные, ткацкие станки, тяжелые прессы и др., или основная работа заключается в настройке или наладке. В позе стоя человек обладает максимальными возможностями для обзора и передвижения, он может совершать движения с большим размахом и развивать большее по величине усилие (более 10 кгс). При организации рабочего места для выполнения работы в положении стоя органы управления и различные индикаторы могут быть расположены в более широкой фронтальной зоне.

Следует, однако, иметь в виду, что при выполнении работы в положении стоя увеличивается нагрузка на мышцы нижних конечностей и органы кровообращения, повышается частота пульса. На рис. 29 приведены уровни биоэлектрической активности мышц при удобном стоянии. Уровень активности в убывающем порядке обозначен зачернением, штриховкой, точками и крестиками. Как видно из рисунка, наибольшая активность отмечается в мышцах области голеностопного сустава: в передней большеберцовой, длинной малоберцовой и особенно икроножной. Биоэлектрическая активность мышц области коленного сустава выражена в меньшей степени и еще меньше — мышц тазобедренного сустава. Хотя величины зарегистрированных биопотенциалов и невелики по сравнению с таковыми при максимально возможном напряжении, все же в позе стоя происходит повышение напряжения мышц вследствие высокого расположения центра тяжести над площадью опоры и малой ее величины. В результате в позе стоя отмечается увеличение энергозатрат по сравнению с позой сидя на 6—10%.



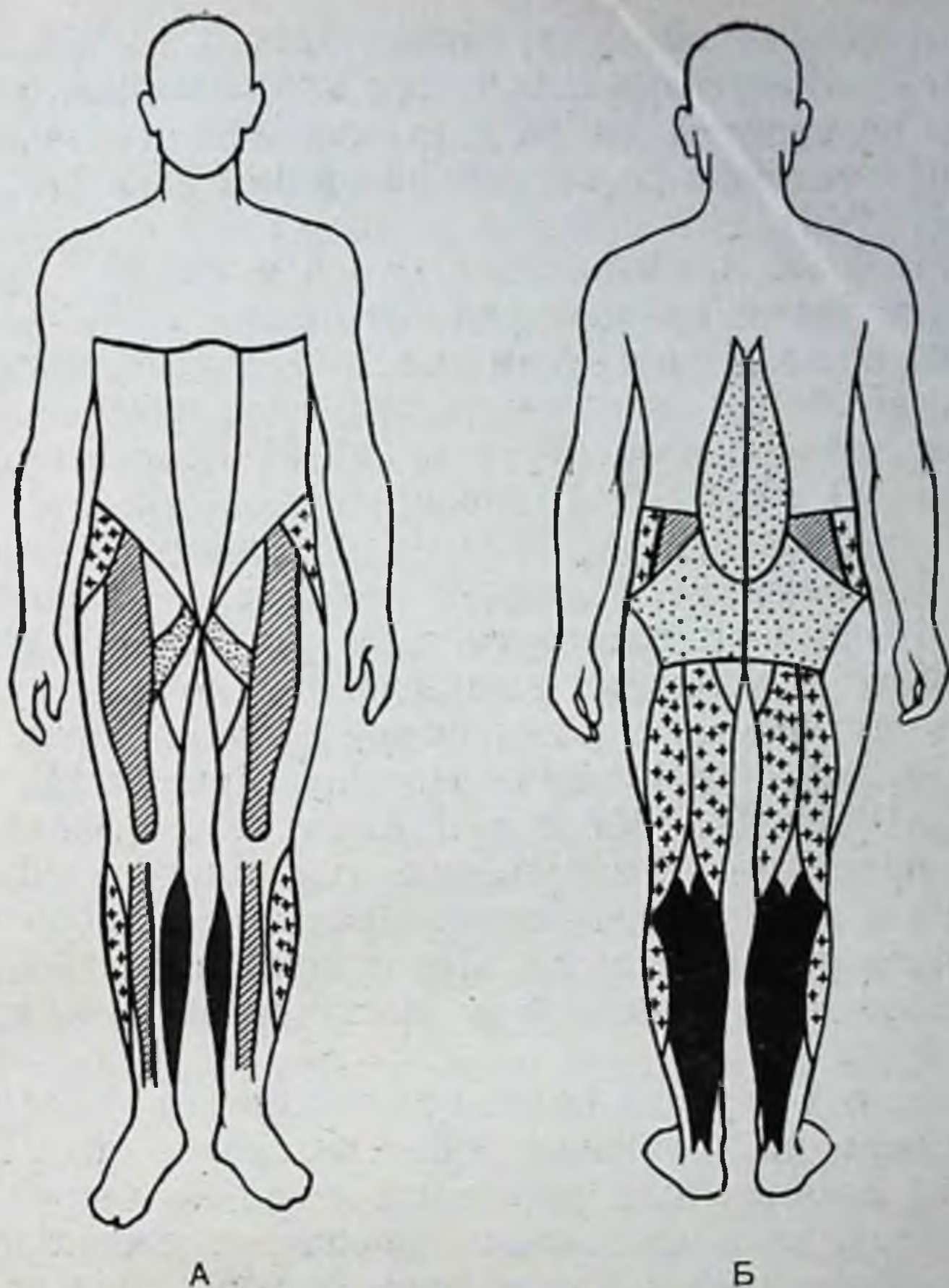


Рис. 29. Схема уровня биоэлектрической активности мышц при удобном стоянии (В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, М. Л. Шик, 1965).

А — вид спереди; Б — вид сзади.

В процессе работы поза меняется в зависимости от характера рабочих движений, связанных с выполняемой производственной операцией, и соответственно изменяется и ее физиологическая стоимость. Если при работе человек наклоняется с вытянутыми вперед руками, то поддержание такой позы происходит за счет повышения напряжения мышц плечевого пояса и туловища. При прямой позе стоя с вытянутыми вперед руками тонус двуглавой мышцы увеличивается на 25% по сравнению с таковым при опущенных руках. При удержании рукой



груза массой 2 кг тонус возрастает на 70% (Фарфель В. С., 1956). При небольшом наклоне корпуса энерготраты возрастают на 22%, а при значительном — на 45% по сравнению со спокойной прямой позой (Немцова О. Н., 1940).

Длительное пребывание в одной и той же позе может быть утомительным для организма из-за постоянной статической нагрузки на отдельные мышечные группы; особенно выражено это проявляется при неудобной рабочей позе (Горшков С. И., Коханова Н. А., Мальцева О. М., 1970; Коханова Н. А., Абдикулов А. А., 1978; Елизарова В. В., 1979). При работе сидя статическое напряжение мышц приходится в основном на группы мышц шеи, плечевого пояса, спины. При длительной работе в условиях вынужденной позы могут возникнуть сутулость, травматические радикулиты, спондилезы и др. (Schneider H. J., Lippert H., 1961; Лайз Г., Вюнш Б., 1967, и др.). Статическое напряжение мышц приводит к нарушению нормального кровообращения в них, застою крови, деформации опорно-двигательного аппарата и др. При длительной работе стоя могут возникать варикозное расширение вен, плоскостопие и др.

Во многих случаях более рациональным является рабочее место, позволяющее работать сидя — стоя. В этих условиях работающий может произвольно менять позу, в результате чего происходит перераспределение нагрузки на группы мышц, улучшение кровообращения в тех частях тела, где оно было недостаточным из-за статического напряжения мышц, участвовавших в поддержании необходимой позы. Смена позы вносит некоторое разнообразие при выполнении монотонной работы.

Для того чтобы работа выполнялась в удобной, правильной позе, при проектировании технологического оборудования и рабочих мест необходимо учитывать антропометрические данные, при этом следует иметь в виду, что они для населения разных стран неодинаковы, а также могут различаться и для людей одной национальности, но проживающих в разных районах страны.

На основании антропометрических данных и изучения закономерностей работы двигательной системы установлены границы зон рабочего места. Разные авторы делят рабочие зоны на несколько зон — от 2 до 7, предлагая различные названия. Но все авторы выделяют ос-



новные зоны — оптимальную и зону досягаемости. Работа в пределах этих зон обеспечивает оптимальную рабочую позу, т. е. свободную и не напряженную, без наклонов туловища вбок. Корпус работающего при этом сохраняет вертикальное положение или слегка наклонен вперед — до 10—15°.

Следует, однако, отметить, что длительное выполнение работы в пределах зоны досягаемости, связанное с частыми движениями рук, является утомительным, так как при этом повышается напряжение мышц плечевого пояса и плеча, увеличиваются энерготраты. Кроме того, движения вытянутых рук не отличаются большой точностью и быстротой. Энергетическая и иннервационная невыгодность рабочих движений, при которых конечность достигает предельного сгибания или разгибания, объясняется тем, что перемещение соответствующего звена в предельное положение приводит к увеличению рычагов тяги мышц, в результате чего они должны развивать большие усилия и преодолевать сопротивление мышц-антагонистов. В связи с этим на каждом рабочем месте должна быть оптимальная, наиболее удобная зона, в пределах которой работа может выполняться в течение всей смены без значительного напряжения мышц (Виноградов М. И., 1969).

В связи с тем что несоответствие параметров рабочего места антропометрическим данным проявляется в физиологических реакциях организма, которые нередко указывают на напряжение функций и развитие утомления, основные параметры рабочего места должны иметь физиологическое обоснование. После этого они могут надежно внедряться в практику.

Физиологическое обоснование некоторых параметров рабочих зон было получено в исследованиях с моделированием рабочего места.

Исследование проводили в лабораторных условиях при помощи специально разработанных экспериментальных стендов, позволяющих моделировать рабочие места для выполнения работы в положении сидя и стоя (Елизарова В. В., Коханова Н. А., Шардакова Э. Ф., 1978).

Стенды с рабочими зонами в горизонтальной плоскости располагали на оптимальной высоте для выполнения легкой работы сидя (750 мм) или стоя (1100 мм). Рабочее место для работы сидя оснащалось стулом с регулируемым по высоте сиденьем и спинкой, а также подставкой для ног. Моделирование рабочей зоны в вертикальной плоскости проводили при помощи разборного экспериментального стенда (Коханова, Н. А., Абдикулов А., 1975).



Экспериментальные стенды были разделены на три зоны, в пределах которых должны проектироваться трудовые движения в зависимости от точности выполняемой работы, частоты повторяемости производственных операций, величины прилагаемых усилий, важности используемых органов управления и т. д.

Рациональность выполняемых движений, расположения органов управления в горизонтальной плоскости определяли временем достижения рукой моделируемых органов управления, расположенных в разных секторах зон. В исходном положении кисти рук испытуемого находились на краю рабочей поверхности, на расстоянии 7—8 см друг от друга.

В связи с тем что в производственных условиях переключения органов управления иногда производятся работающим без визуального контроля, была исследована точность движений рук без участия зрения в зависимости от расположения органов управления. Исследование проводили по методике Кекчеева—Поздновой (цит. по Розе Н. А., 1970).

При изучении рациональности расположения органов управления в вертикальной плоскости испытуемый по условному сигналу поднимал с максимальной скоростью руку из исходного положения до органа управления, расположенного на той или иной высоте. При этом регистрировали биопотенциалы мышц, принимающих участие в движении руки.

При моделировании рабочих зон в горизонтальной плоскости при работе сидя установлено, что наиболее быстро правая и левая руки достигают органов управления, расположенных в пределах зон I и II, особенно в зоне I (рис. 30, А, Б, В). При движении рук из исходного положения к органам управления, размещенным в зоне III, время на выполнение задания существенно увеличивается для всех секторов зоны. В наибольшей степени оно возрастает, когда орган управления расположен за нулевой линией (точка б). При движении руки в данном направлении испытуемый несколько поворачивает туловище в ту же сторону. Время движения в этом случае для правой руки составляло  $234,5 \pm 6,7$  мс, для левой —  $247,5 \pm 4,5$  мс. Вычисление средней скорости движения руки показало, что по мере удаления органа управления от края рабочей поверхности скорость движения повышается.

Движения рук в пределах зоны I были наиболее точными. Наименее точными они были тогда, когда заданные точки располагались в зоне III, особенно если они находились кзади от нулевой линии. В этом случае отклонение для правой руки составляло  $27,9 \pm 1,1$  мм, для левой —  $32,4 \pm 1,3$  мм. Величины отклонений от заданных точек зон I и II существенно отличались от таковых при достижении точек зоны III ( $p < 0,01$ ). На основании по-



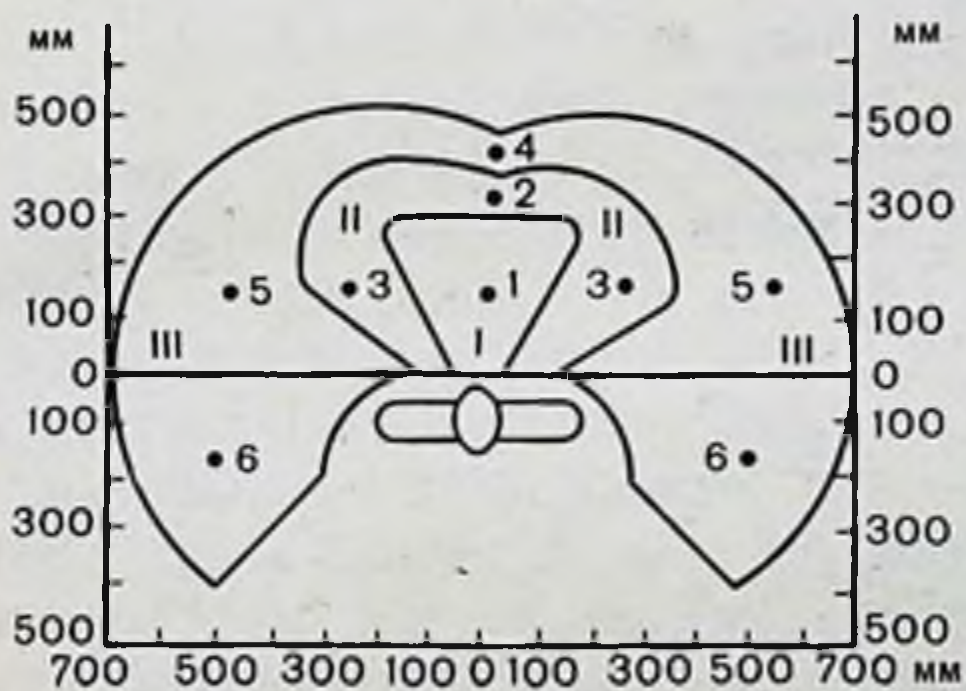
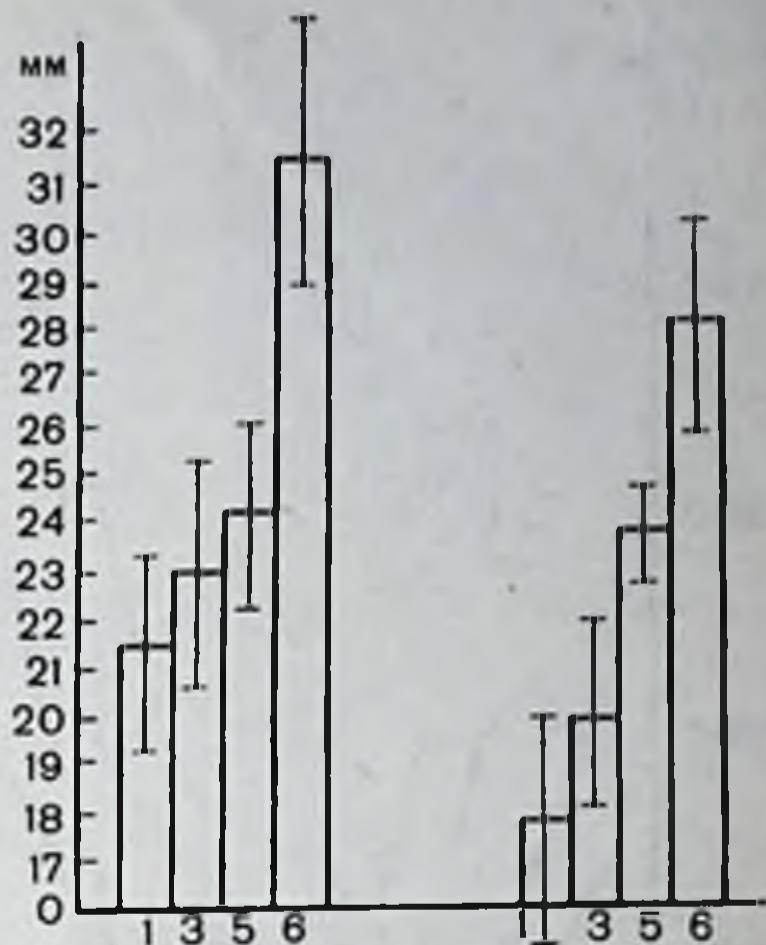
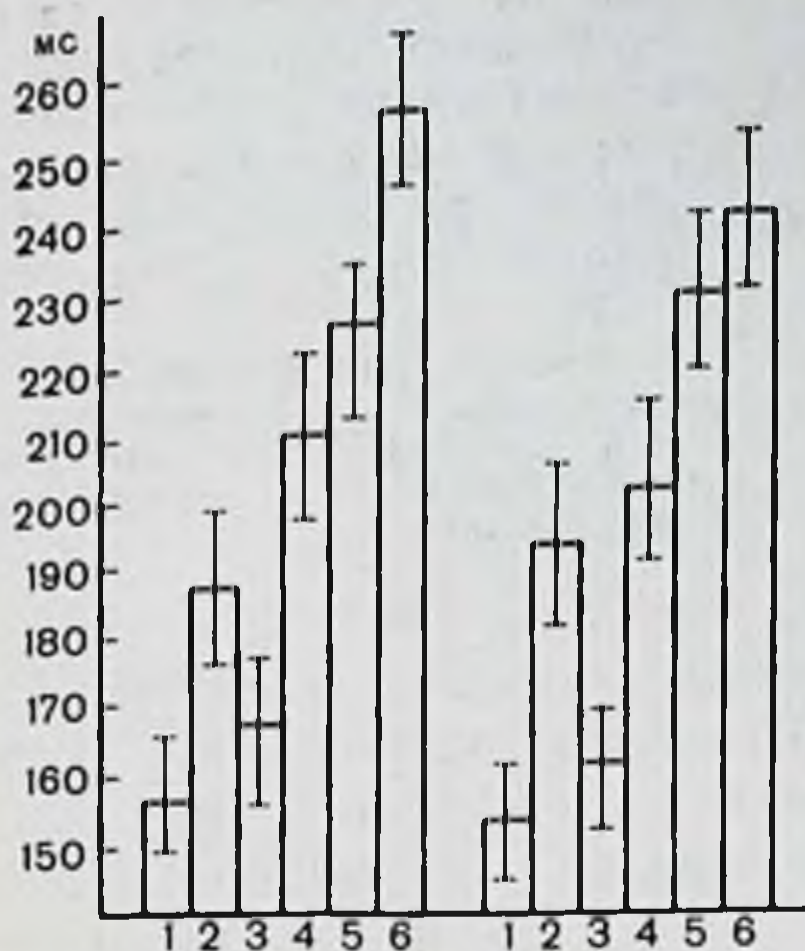


Рис. 30. Время движения рук из исходного положения до моделируемых органов управления, расположенных в разных участках рабочей зоны в горизонтальной плоскости (А). Точность движений рук — отклонения от заданных точек, расположенных в разных секторах рабочей зоны в горизонтальной плоскости (Б). Зоны расположения органов управления (В).

лученных данных можно полагать, что движения правой руки (у лиц с ведущей правой рукой) более точные и быстрые, чем левой.

При выполнении работы в положении «стоя» пределы указанных зон несколько увеличиваются — по фронту на 150—200 мм, по глубине на 100—150 мм.

Электромиографические исследования по физиологическому обоснованию рабочих зон в вертикальной плоскости при работе стоя показали, что наиболее низкие величины биоэлектрической активности мышц руки наблюдаются при движении ее из исходного положения до органов управления, расположенных на высоте 900—1100, 1200 мм от пола (зона I) (рис. 31). При уменьше-



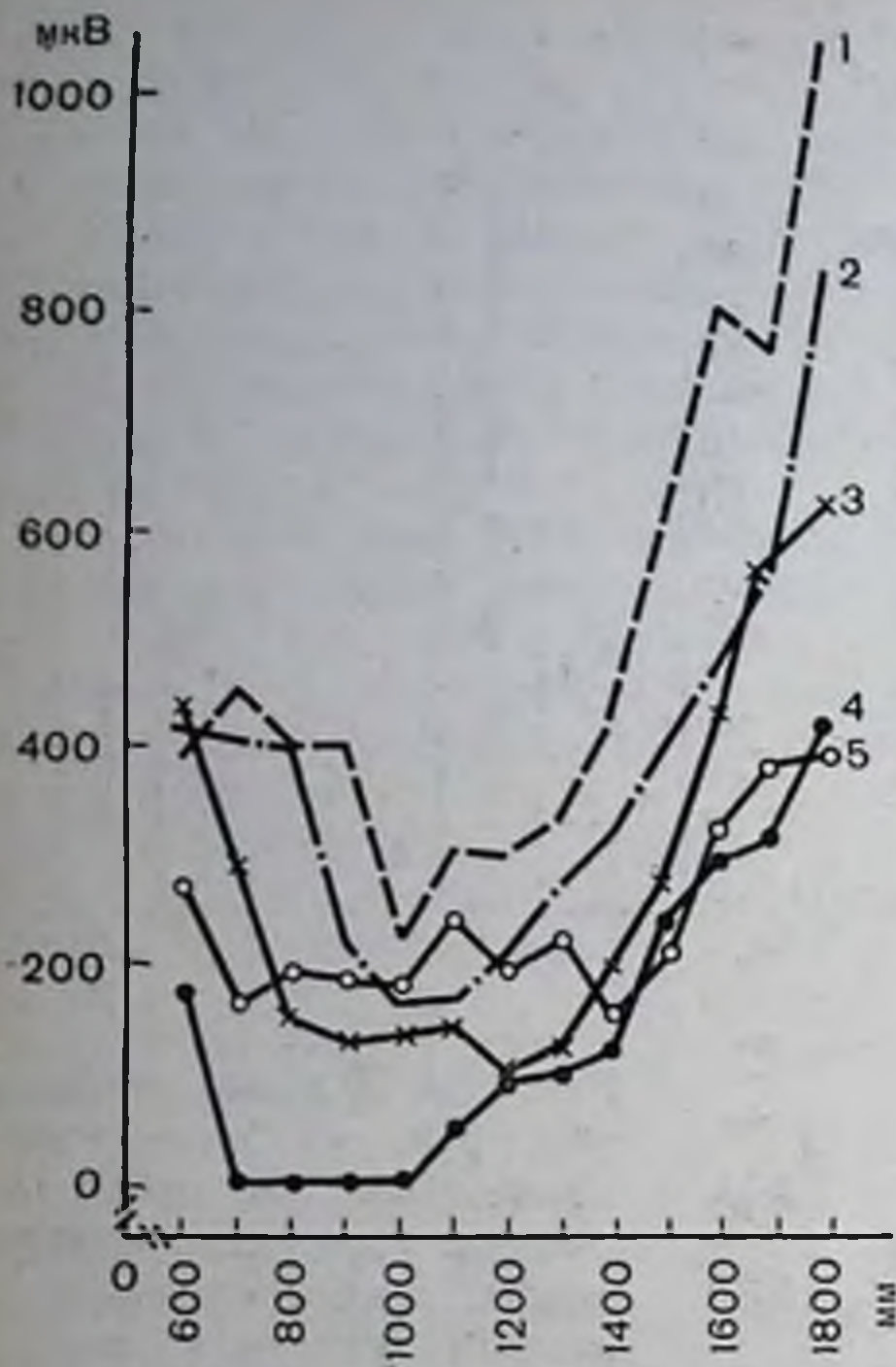


Рис. 31. Изменение амплитуды биопотенциалов (мкВ) разных мышц при движении рук к органам управления, расположенным на разной высоте (мм) от пола.

1 — грудная; 2 — дельтовидная передняя; 3 — дельтовидная средняя; 4 — трапецевидная верхняя; 5 — трапецевидная нижняя.

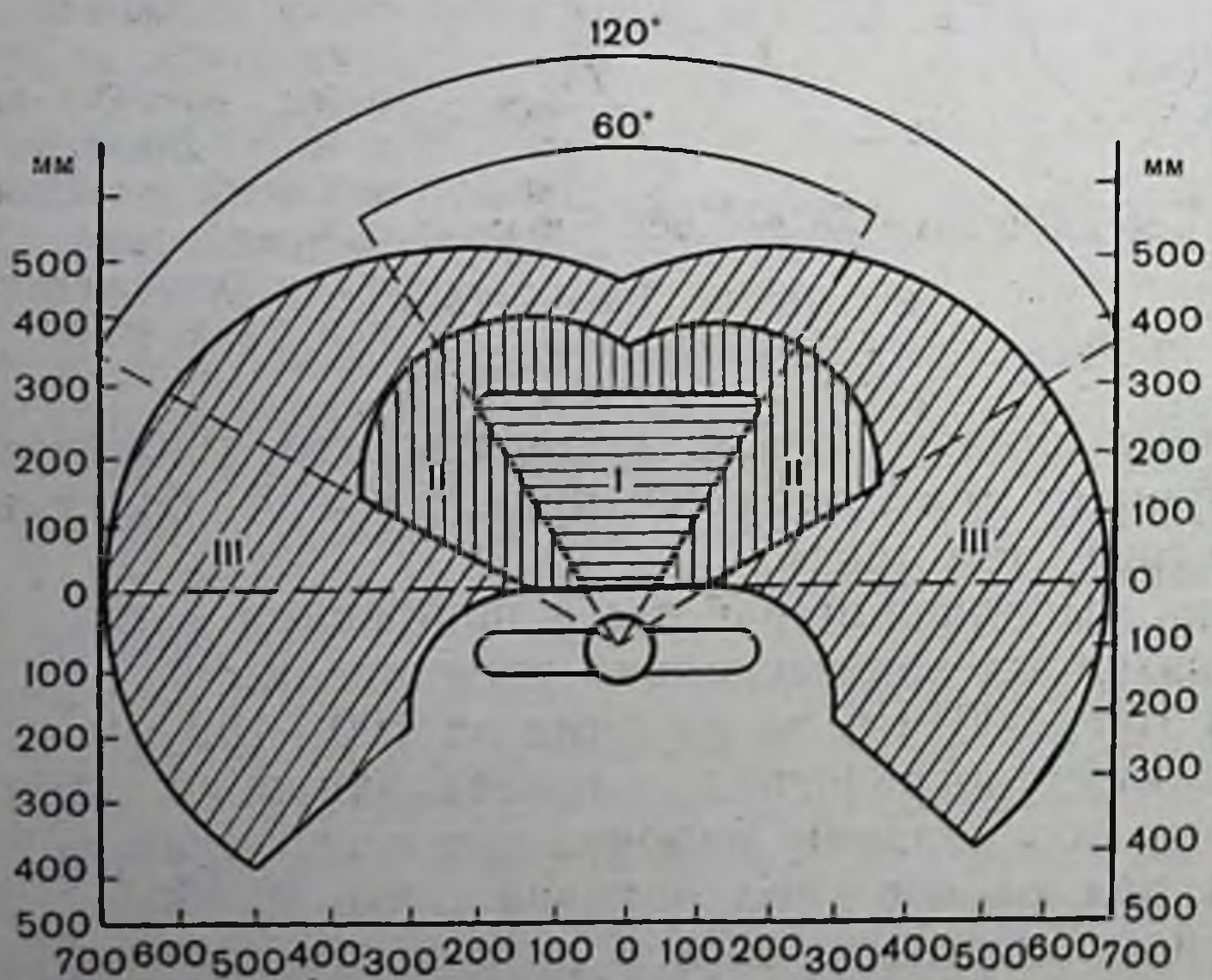


Рис. 32. Зоны размещения органов управления в горизонтальной плоскости. Объяснение в тексте.



нии высоты расположения до 600—750 мм от пола, когда работающему приходится наклоняться для переключения органа управления, амплитуда биопотенциалов мышц повышается. Она повышается также при движении руки за пределы высоты 1200 мм, особенно значительно начиная с 1400—1500 мм (зона III). При движении к органам управления, расположенным на высоте 1800 мм, величина амплитуды биопотенциалов становится наиболее высокой.

Таким образом, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях наиболее удобной, т. е. оптимальной, является зона I (рис. 32, 33). В пределах этой зоны могут выполняться наиболее точные и очень частые движения и размещаться наиболее важные и очень часто используемые органы управления. В зоне II (зона легкой досягаемости) могут выполняться достаточно точные и частые движения и размещаться важные и часто используемые органы управления. В пределах зоны III (зона досягаемости) могут выполняться менее точные и редкие движения, так как вследствие увеличения амплитуды движения на их выполнение затрачивается больше времени и при высокой частоте такие движения становятся энергетически невыгодными. В зоне III могут размещаться менее важные и редко используемые органы управления. Наиболее редкими должны быть движения рук кзади от нулевой линии, требующие поворота туловища.

Важным параметром рабочего места, влияющим на формирование рабочей позы, является высота рабочей поверхности — расстояние по вертикали от пола до горизонтальной плоскости (реально существующей или воображаемой), в которой выполняются основные трудовые движения. В случае низкого расположения рабочей

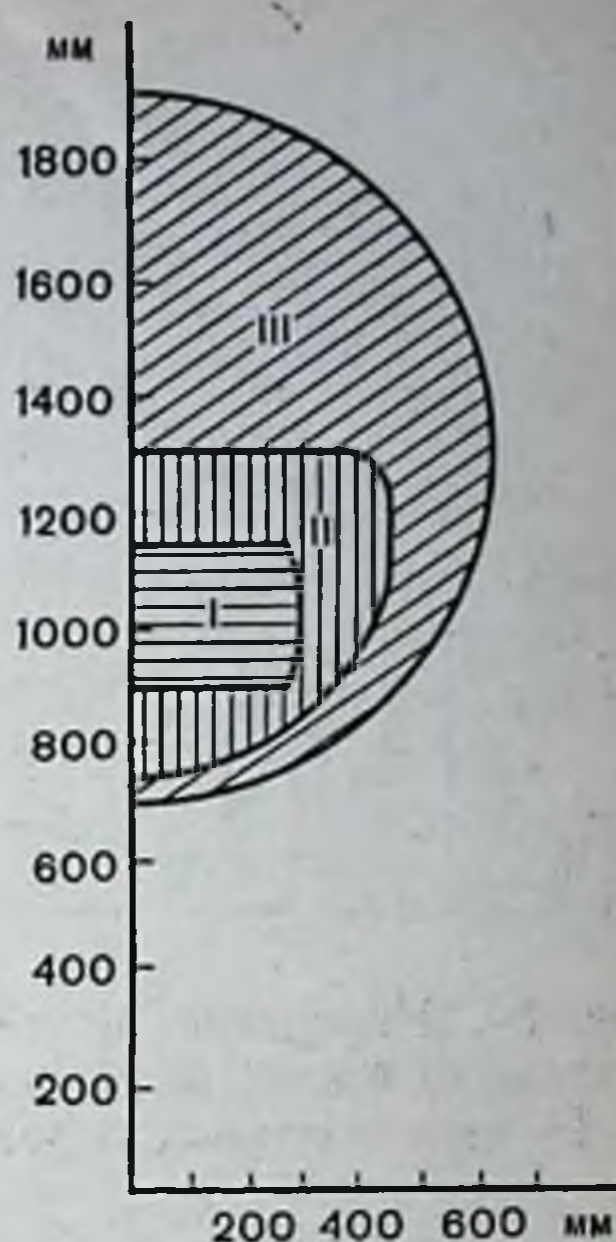


Рис. 33. Зоны размещения органов управления в вертикальной плоскости. Объяснение в тексте.



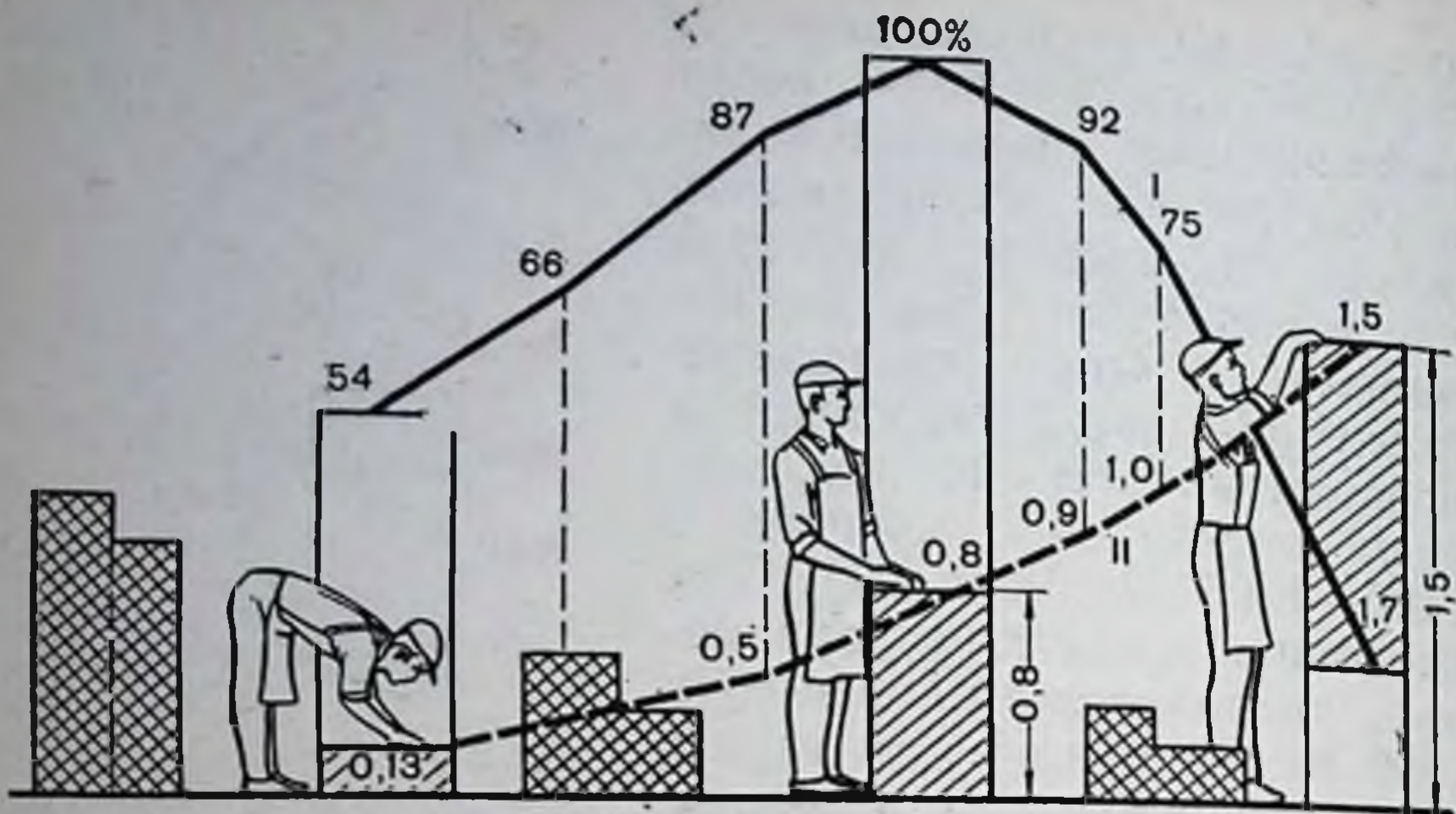


Рис. 34. Изменение производительности труда каменщика в зависимости от высоты кладки.

I — производительность труда; II — высота кладки.

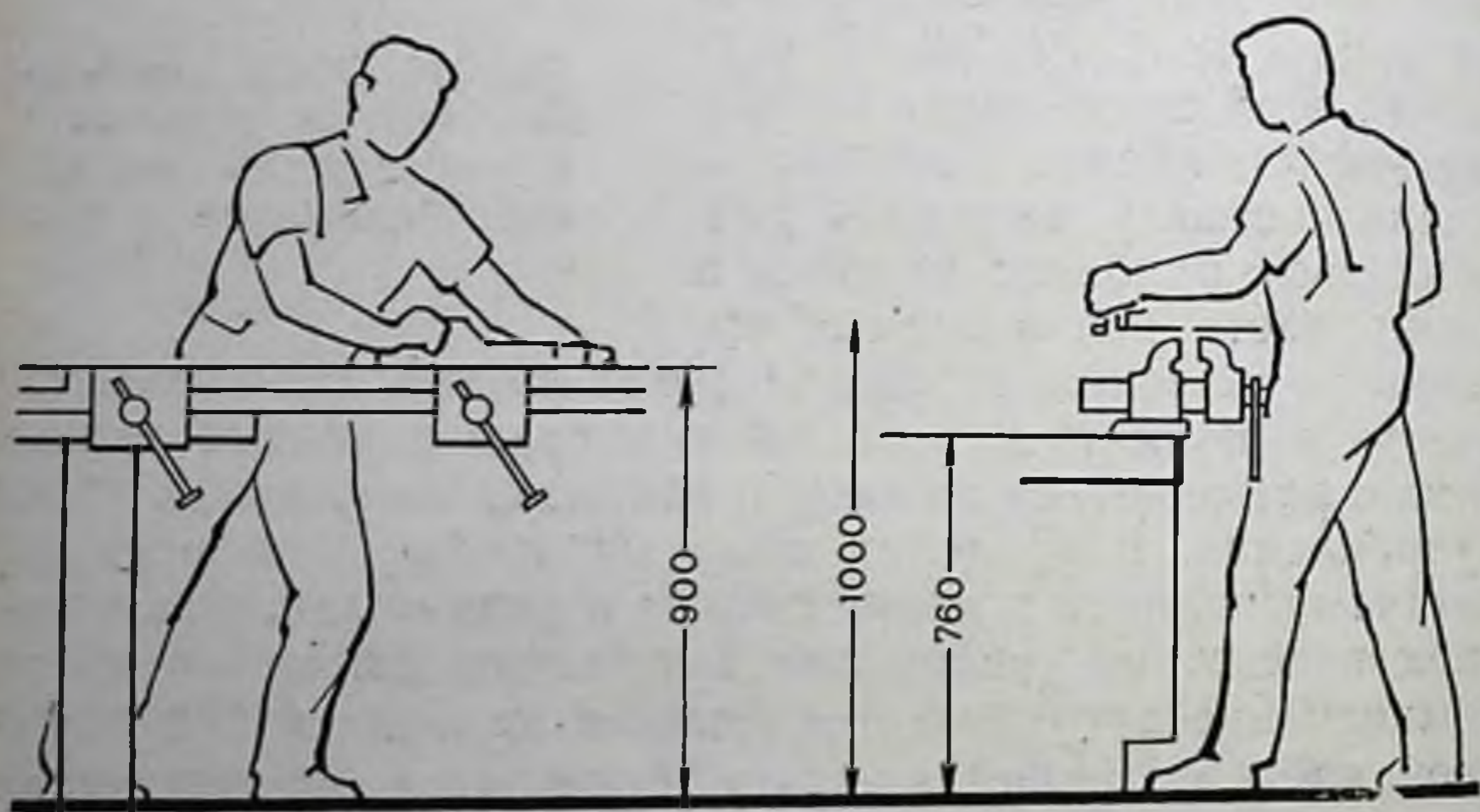


Рис. 35. Высота рабочей поверхности при двух видах работы.

поверхности работающему приходится сильно наклоняться, при высоком расположении — вставлять на цыпочки и вытягивать руки вверх, чтобы выполнить работу. И в том, и в другом случае рабочая поза является неудобной, движения рук нерациональны, энерготраты организма увеличиваются, обзор недостаточен. Все это приводит к понижению работоспособности организма и,



следовательно, к уменьшению эффективности труда. Последнее наглядно показано на рис. 34, демонстрирующем изменение рабочей позы и производительности труда каменщиков в зависимости от изменения высоты кладки, т. е. рабочей поверхности.

Высота рабочей поверхности определяется характером выполняемой работы, ее тяжестью и точностью. На рис. 35 показана высота рабочей поверхности, на которой выполняются основные трудовые движения (900 и 1000 мм), при двух видах работы в положении стоя. В обоих случаях основные трудовые движения осуществляются в пределах оптимальной зоны. При работе, требующей значительных усилий, высота рабочей поверхности может быть несколько меньше (700—800 мм), а при более точных работах — больше (1200—1300 мм).

Наиболее удобным рабочим местом будет в том случае, если каждый работающий сможет изменять его параметры соответственно своим антропометрическим данным. Однако пока еще в большинстве случаев не представляется возможным регулировать высоту рабочей поверхности. Индивидуальное приспособление при неизменяемой высоте рабочей поверхности достигается за счет регулирования высоты подставки для ног при работе стоя и высоты рабочего сиденья и подставки для ног при работе сидя. Высота рабочей поверхности в этих случаях должна быть рассчитана на лиц выше среднего роста.

Наиболее точные и тонкие работы (сборка очень мелких деталей, гравировка и др.) производятся обычно в положении сидя. Такие работы обычно требуют напряжения зрения, поэтому часто при их выполнении применяют оптические приспособления. Высота, на которой выполняются основные ручные рабочие операции в этих случаях, должна быть больше, чем при других видах работы, — 900—1020 мм (рис. 36). Вследствие того что при таких работах предплечья подняты вверх от горизонтали и локтевой угол составляет менее  $90^\circ$ , мышцы рук и плечевого пояса длительное время находятся в состоянии статического напряжения. Для снижения этого неблагоприятного фактора устанавливают подвижные подлокотники, которые могут иметь разную степень наклона по отношению к горизонтальной плоскости.

При выполнении точных работ (монтаж мелких деталей, некоторые станочные работы и др.) высота рабочей поверхности может быть 800—900 мм. При необходимос-



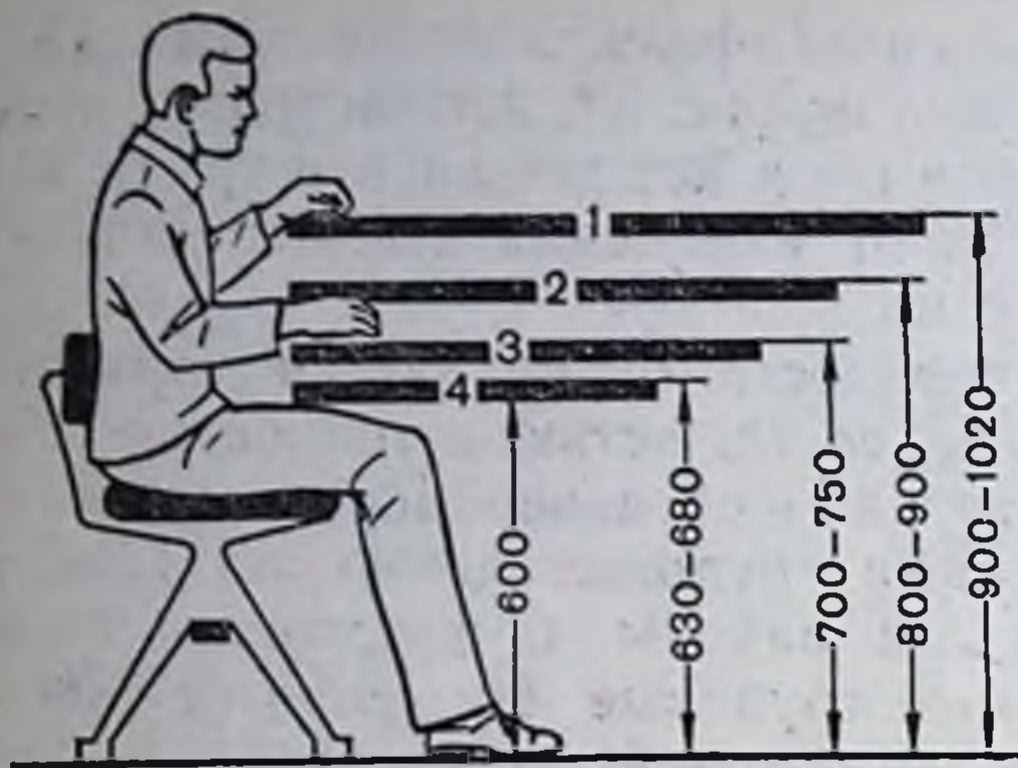


Рис. 36. Рекомендуемая высота рабочей поверхности при разных видах и точности работы.

1 — очень точные и тонкие работы; 2 — точные работы на машинах; 3 — конторские работы; 4 — печатание на машинке.

ти в этих случаях также устанавливаются подлокотники. Для выполнения ручных производственных операций без напряжения зрения оптимальные пределы высоты рабочей поверхности составляют 700—750 мм от пола. При различных канцелярских работах на этой высоте располагается поверхность рабочего стола.

При печатании на машинке и использовании другой клавишной техники, требующей при работе большого числа движений пальцев рук, высота рабочей поверхности может быть уменьшена до 630—680 мм. Это позволяет снизить статическое напряжение мышц по поддержанию предплечий, так как при работе они несколько опущены книзу (локтевой угол более  $90^\circ$ ).

При организации рабочего места для выполнения работы в положении «сидя» необходимо следить за тем, чтобы в его пределах не было выступающих вперед и нависающих над головой частей машины или элементов строительных конструкций, которые должны находиться на высоте не менее 2000 мм. Это исключает опасность удара головой об эти элементы при вставании работающего.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине и работы в нормальной позе необходимо предусмотреть пространство для ног. При работе стоя важным является пространство для стоп. Его размеры должны быть не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине. Для нормальных условий выполнения работы в положении сидя пространство для ног должно быть большего размера, чтобы в нем могли свободно находиться не только ступни, но и колени.



При отсутствии в производственном оборудовании пространства для ног корпус тела отдаляется от рабочей зоны. Работающему приходится наклоняться, вытягивать вперед руки, центр тяжести тела при этом перемещается кпереди. Создается вынужденная неудобная рабочая поза, поддержание которой требует повышения статического напряжения мышц. Рациональное рабочее место для выполнения работы в положении сидя должно иметь пространство для ног не менее 650 мм по глубине и 500 мм по ширине. Если нет возможности обеспечить нишу нужной глубины по всей ее высоте, то в области колен ее глубину можно уменьшить до 450 мм, а на высоте 320 мм от пола увеличить до 650 мм. Высота пространства для ног должна быть такой, чтобы ноги сидящего не касались нижней поверхности стола, — не менее 600 мм. Наиболее благоприятной высотой пространства для ног многие авторы считают 700 мм.

В правильной организации рабочего места для выполнения работы сидя, обеспечивающей оптимальную рабочую позу, кроме указанных факторов, большое значение имеет конструкция стула: его габариты, форма и наклон сиденья, регулировка по высоте и др. Исследованиями Ю. В. Мойкина с соавт. (1971) показано, что вследствие нерациональной конструкции рабочего стула (недостаточная площадь сиденья, отсутствие спинки, неправильное жесткое сиденье) у швей-мотористок наблюдалось статическое напряжение мышц верхней части корпуса и поясницы за счет больших наклонов головы и корпуса тела.

Рабочие стулья в зависимости от их назначения могут различаться по внешнему виду, иметь разную форму сиденья, спинки, подлокотников. Однако во всех рабочих стульях сиденье должно регулироваться по высоте. Его размеры должны быть соблюдены в пределах 380—420 по глубине и 400—420 мм по ширине. Для того чтобы сиденье не давило на нижнюю часть бедер, его передний край закругляют вниз.

Несмотря на то что рабочему сиденью посвящено очень много исследований, особенно за рубежом, единого мнения о форме сиденья пока нет. Одни авторы рекомендуют создавать наклон сиденья на 3—5° спереди назад (Schoberth H., 1965; Murrell K. F. H., 1965), другие — такой же наклон, но только направленный вперед (Schlegel K. F., 1956; Mandel A. S., 1975). З. М. Золина



(1967) предлагает плоское сиденье. Ряд авторов считают, что сиденье должно иметь угол наклона в задней и передней его частях: задний и передний клинья. Задний клин нужен как опора для крестца, передний — для предотвращения сползания тела человека (Åkerblom В. А., 1969; Grandjean E., Vigandт U., 1969, и др.). А. Н. Строкина и И. Ю. Плюшкене (1972), изучавшие биоэлектрическую активность мышц, участвующих в поддержании позы «сидя» при различных угловых параметрах сиденья, показали, что наименьшая напряженность мышц спины наблюдается в том случае, когда угол переднего клина составляет  $4^\circ$ , а заднего —  $10-12^\circ$ . При заднем угле  $10^\circ$  положение позвоночного столба и таза близко к естественному и обеспечивается более равномерное распределение силы тяжести тела. Рабочие кресла с такими сиденьями используются при операторском труде (ГОСТ 21889-76).

Учитывая сложные анатомо-физиологические взаимоотношения шейного и поясничного отделов позвоночника и мышечных групп в разных рабочих позах, при создании рабочего сиденья необходимо принимать во внимание характер выполняемой работы, возможность свободной посадки и необходимость некоторого произвольного изменения позы. Экспериментальные исследования формы сиденья применительно к особенностям характера труда, проведенные Д. Н. Крюковой (1977), показали, что для работающих с клавишными устройствами и для работающих сходных по организации рабочего места профессий целесообразно рабочее сиденье с небольшим наклоном назад. При монтажно-сборочных работах, при канцелярской работе и других видах труда с малыми физическими усилиями при работе за столом более удобно плоское горизонтально расположенное сиденье.

Важной частью рабочего стула является спинка. Ее необходимость особенно ощущается в тех случаях, когда предплечья рук при работе не имеют опоры в виде рабочей поверхности станка, стола и др. (работа на пишущих машинках, настольных клавишных ЭВМ, перфораторах и др.). Значение спинки рабочего стула показано Lundervold I. S. (1951), исследованиями которого установлено, что биоэлектрическая активность трапециевидной и широчайшей мышц спины при работе сидя на стуле без спинки значительно превышает таковую при



работе с опорой на спинку. Форма и конструкция спинки могут быть разными. Так, спинка сиденья, предложенного В. Акерблом (1948), имеет две опоры: одну на высоте поясничной области (спинной лордоз), другую, откинутую дальше кзади, в области лопаток. Поясничный излом спинки называется «линией Акерблома».

Для того чтобы каждый человек мог пользоваться спинкой в соответствии со своими анатомическими особенностями, спинка стула должна регулироваться по высоте. По мнению большинства авторов, пределы перемещения спинки должны составлять 100—250 мм, а регулирования угла наклона спинки — 3—15°. Высота спинки колеблется от 100 до 150 мм, ширина — от 275 до 400 мм. Сиденье и спинка рабочего стула должны быть полумягкими.

В тех случаях, когда при выполнении производственных операций руки работающего длительное время находятся на весу, испытывая статическое напряжение, целесообразно в конструкции рабочего стула предусмотреть подлокотники, которые, однако, не должны мешать работе. Подлокотники рекомендуется делать полумягкими. Для того чтобы они были удобными, их ширина должна быть не менее 50 мм, длина — 200 мм, регулировка по высоте — в пределах 70—200 мм, расстояние между ними — 400—500 мм.

При работе в положении сидя существенное значение имеет подставка для ног, особенно для людей невысокого роста. Она позволяет работающему выбрать такое положение ног, при котором их мышцы расслаблены, так как в противном случае при напряжении мышц ног в сидячем положении создаются условия для застоя крови в нижних конечностях и в области таза, что приводит к более быстрому развитию утомления. Подставка для ног должна иметь по ширине не менее 300 мм и в глубину 400 мм. Высота ее переднего края должна регулироваться в пределах 260—350 мм, угол наклона — в пределах 15—30°. Для того чтобы ноги работающего не соскальзывали, верхняя поверхность подставки делается рифленой, а по краю, обращенному к работающему, устанавливается бортик высотой 10 мм.

Подставка является совершенно необходимой при организации рабочего места по типу сидя — стоя (рис. 37). В этом случае высота рабочей поверхности стола, станка и др. должна быть такой же, как и при работе стоя,



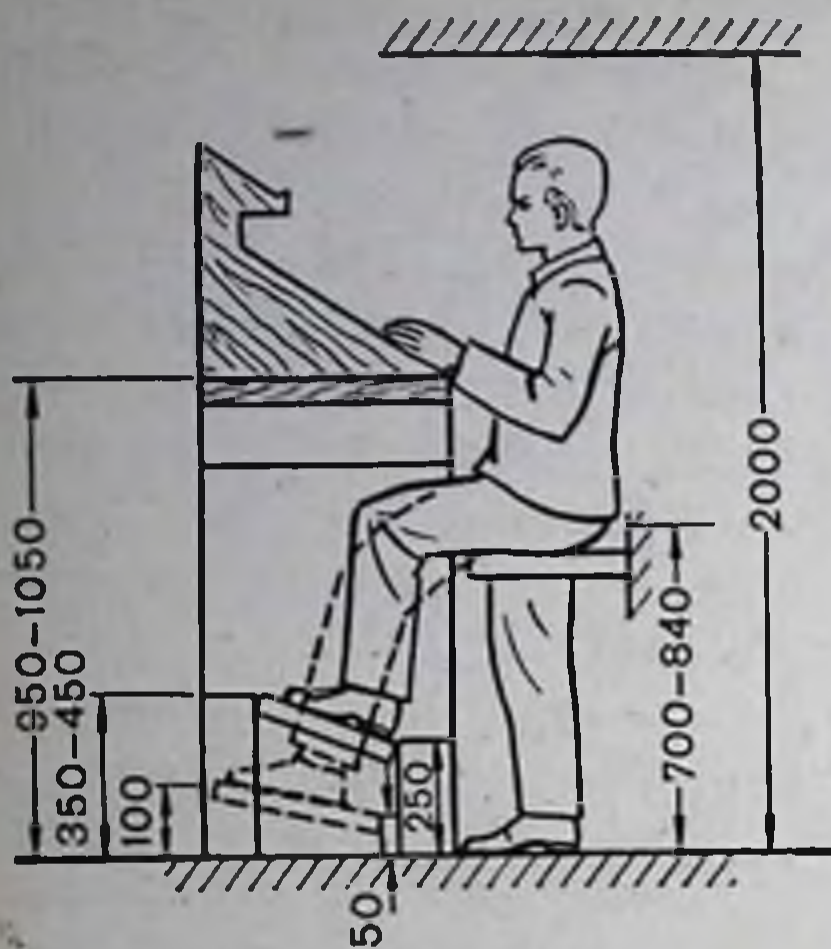


Рис. 37. Рабочая поза «сидя — стоя».

и соответствовать характеру и тяжести труда. Сиденье стула обычно делают несколько меньшего размера, чем у стула для нормальной посадки. Регулируемая подставка для ног делается более высокой. В некоторых случаях вместо подставки можно предусмотреть опору для ног в виде подножки. Верхняя часть подножки располагается на высоте 400 мм от пола и регулируется в пределах  $\pm 100$  мм.

Особое значение придается организации рабочего места в кабинах управления агрегатами (автомашины, экскаваторы, тракторы, подъемные краны и др.). От того, насколько удобна рабочая поза водителя, как свободно он пользуется рычагами, педалями и другими органами управления, в какой степени ему обеспечен комфорт при длительном пребывании в кабине, зависит бдительность, работоспособность.

При организации рабочего места в кабинах выбор оптимальных размеров сиденья, расположение рычагов, педалей и приборов основывается на антропометрических данных человека среднего роста. Большое значение для нормальной работы водителя имеет обзорность кабины.

Важным требованием к конструированию сиденья является создание опорной структуры, которая не вызывала бы неудобств и надежно поддерживала водителя в процессе управления. Для того чтобы водитель не ударялся головой о крышу при вертикальных толчках, необходимо оставлять просвет в 50—100 мм.

Как показали исследования В. Н. Козлова (1971), несоблюдение этих размеров в кабине трактора приводит к тому, что трактористы, чтобы избежать ударов головой о крышу, вынуждены работать в согнутом положении. Кроме того, вследствие недостаточной обзорности кабины трактористы часто работают в асиммет-



ричной позе, с наклоном вправо. Это ведет к смещению центра тяжести тела над площадью опоры вправо и к увеличению за счет этого мышечных статических напряжений. Неблагоприятными при такой позе являются наклон корпуса к горизонтали, боковой наклон плечевого пояса и таза, возникновение компенсаторного сколиоза позвоночника в шейном и поясничном отделах. Электромиографические исследования показали, что биоэлектрическая активность мышц, поддерживающих асимметричную позу тракториста, в 7—8 раз выше, чем при нормальной позе, рекомендованной автором.

В процессе управления водитель прикладывает к рычагам и педалям определенные усилия. При конструировании кабин рекомендуется рычаги устанавливать на высоте между локтем и плечом, так как в этих условиях могут быть приложены наибольшие усилия. Величина и форма рычагов должна соответствовать размерам и особенностям захвата кисти. При расположении рычагов относительно пола предпочтение следует отдавать вертикальным рычагам перед горизонтальными. Вертикально расположенный рычаг, являясь опорой для руки, поддерживает ее массу. В зависимости от особенностей рабочего места кабины высота рычагов может составлять 750—1060 мм от пола.

### **Учет функциональных особенностей анализаторов**

В процессе трудовой деятельности человек постоянно получает информацию об изменениях предмета труда в результате его обработки, о работе машины, об изменении технологического процесса, окружающей среды и т. д. Эффективность труда в значительной степени определяется тем, насколько правильно и быстро оператор воспринимает поступающую информацию. Это в свою очередь зависит от функционального состояния анализаторов, принимающих участие в восприятии и переработке сигнальной информации.

Обонятельный и особенно вкусовой анализаторы сравнительно редко бывают полезны в трудовой деятельности. Важное значение для выполнения работы имеют зрительный, слуховой, кожный, проприоцептивный анализаторы.

При проектировании оборудования, организации рабочего места, конструировании средств управления и



отображения информации необходимо правильно выбрать основной и вспомогательный виды сигнализации и в соответствии с этим определить степень загруженности анализаторов. С целью обеспечения оптимального уровня функционального состояния анализаторов необходимо учитывать их физиологические особенности и стремиться к созданию благоприятных условий для их функционирования.

Для эффективной работы зрительного анализатора необходимо соблюдать установленные санитарные нормы общей освещенности и освещенности на рабочих местах, правильное размещение светильников по отношению к рабочей зоне, оптимальное расположение предмета труда и средств индикации.

При организации местного освещения необходимо следить за тем, чтобы источник света не мешал работающему. Для этого светильник должен располагаться не менее чем на  $35-40^\circ$  выше горизонтальной линии взора (рис. 38). В тех случаях, когда источник света расположен ниже указанного предела, он мешает оператору и эффективность зрения снижается на  $40-50\%$ , при уменьшении угла до  $23^\circ$  отмечается быстрое развитие усталости и эффективность зрения снижается на  $50-70\%$ . Размещение светильника под углом  $10^\circ$  вызывает ощущение боли в глазах. Рекомендуется постоянное равномерное освещение рабочего места. При неравномерном освещении перевод взгляда с более освещенного на менее освещенное место или наоборот сопровождается адаптацией зрительного анализатора. Время, требующееся на адаптацию, может сказаться на скорости обнаружения сигналов.

Неблагоприятным является также такое расположение источника света, когда его лучи, отражаясь от рабочей поверхности, попадают в глаза. После сильного ослепляющего действия света восстановление нормальной зрительной функции может продолжаться до 10 мин. Нарушение зрительного контроля при работе оказывает влияние на скорость и качество выполняемой работы.

При размещении органов управления на производственном оборудовании, компоновке различных пультов управления и распределения на них индикаторов также необходимо учитывать особенности функционирования зрительного анализатора. Оптимальных условий работы можно достичь в том случае, если при конструировании





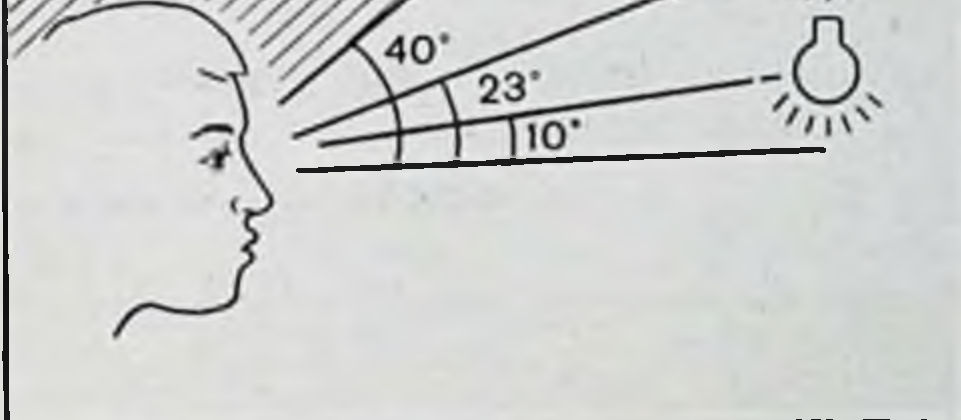
Расположение источников света	Снижение эффективности зрения, %	Степень воздействия
	40-50	Мешает
	50-70	Вызывает усталость
	70-80	Вызывает ощущение боли

Рис. 38. Влияние расположения источника света на эффективность зрения.

пульта будет учтена пространственно-временная структура зрительного анализатора.

Известно, что чувствительность глаза уменьшается от центра к периферии. При сосредоточенном взгляде наблюдателя точка, на которую устремлен его взгляд, называется центром поля зрения; остальные точки относятся к периферии. По мере удаления от центра к периферии поля зрения воспринимаемые контуры предметов и их цвета становятся менее четкими. При удалении светового раздражителя от центра поля зрения к периферии увеличивается латентный период зрительно-моторной реакции (Горшков С. И., Золина З. М., Мойкин Ю. В., 1974). Величина сдвига зависит от квалификации и функционального состояния оператора. Это следует учитывать при организации рабочего места, монтаже средств сигнализации и в тех случаях, когда требуются быстрые и точные двигательные реакции на зрительные сигналы. Однако необходимо иметь в виду, что периферическое зрение оказывается более чувствительным к слабым движущимся световым раздражителям. При восприятии появившегося динамического светового сигнала








человек переводит на него взгляд, чтобы оценить его и принять решение. Это особенно важно для водителей транспорта.

При наблюдении за сигналами и рассматривании предметов глаза человека постоянно совершают микродвижения в виде отдельных скачков. Угол, в пределах которого происходит скачок глаза, называется углом мгновенного зрения, а зона, ограниченная этим углом, — зоной мгновенного зрения. По данным разных авторов, угол мгновенного зрения составляет 5—18°. В этих пределах зрительное восприятие ограничено во времени.

Таблица 15

Среднее значение общего времени прохождения маршрута

Маршрут	Время прохождения маршрута, в мс
	765
	845
	890
	925
	965

При микродвижениях глаз возникают микросигналы, являющиеся начальным этапом формирования образа предмета. Длительность отдельных скачков глаза составляет сотые доли секунды, а интервалы между ними 0,2—0,5 с. Маршрут движений глаз тем сложнее, чем сложнее рассматриваемый объект. Изучение ряда простых маршрутов одинаковой протяженности, но разных по направлению и углам (30°, 90°, 150°) показало, что время прохождения маршрута зависит от его направления и величины угла (табл. 15); имеет значение пространственное положение угла (Митькин А. А., 1967).

Микродвижения глаз связаны с такими функциями, как поиск, установка глаз в оптимальное для приема информации положение, опознание, измерение, контроль (Ломов Б. Ф., 1966; Зинченко В. П., Виргилис Н. Ю.,



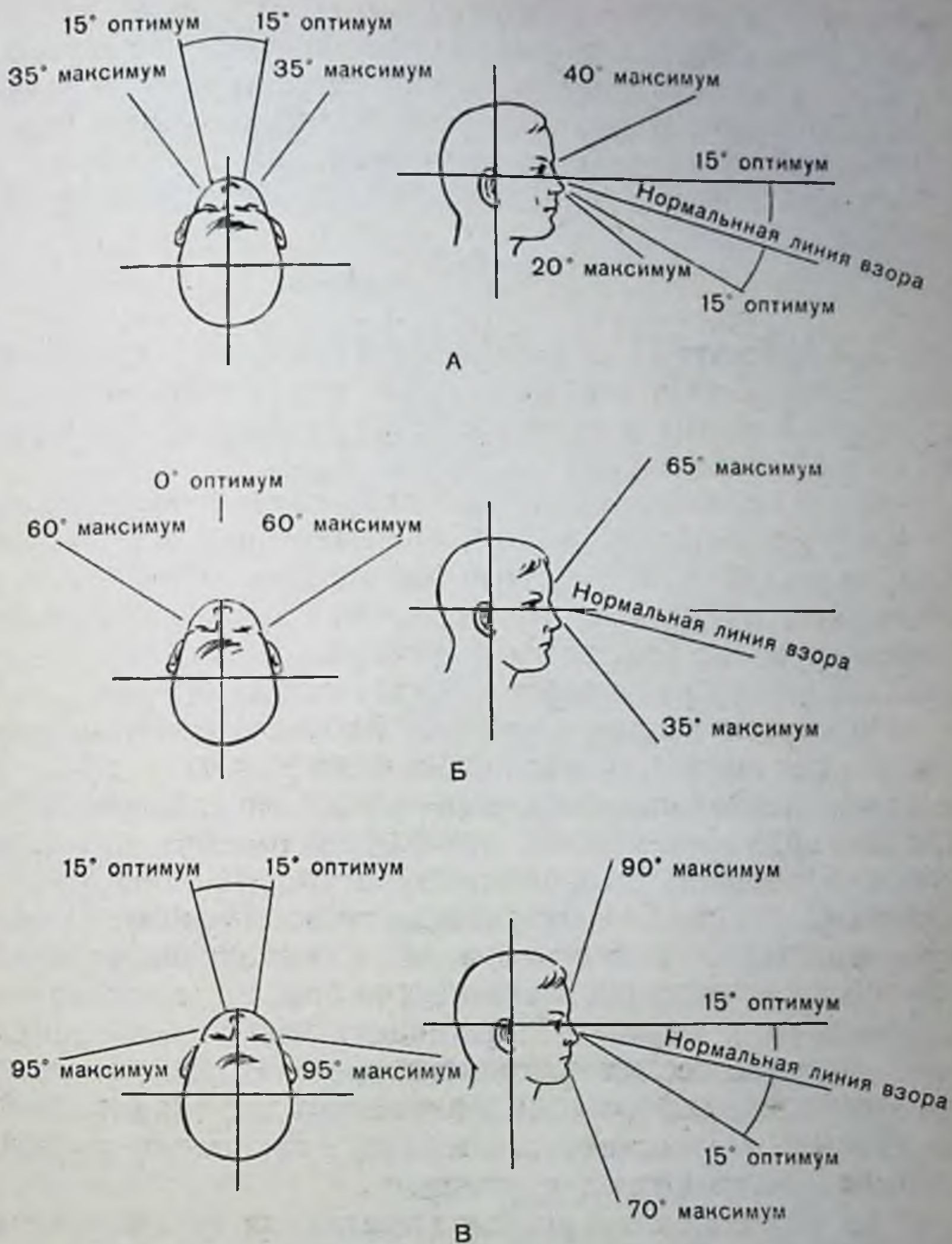


Рис. 39. Зоны видимости в вертикальной и горизонтальной плоскостях (Зинченко В. П., Мунипов В. М., Смолян Г. Л., 1974).

А — при повороте только глаз; Б — при повороте головы; В — при повороте головы и глаз.

1969). Оптимальной, или эффективной, зоной для выполнения этих функций является зона, соответствующая пространству, ограниченному углом  $30^\circ$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях (по  $15^\circ$  в стороны и вверх и вниз от нормальной линии взгляда) (рис. 39). В этой



зоне обеспечивается достаточно четкое восприятие, хорошо различаются форма и цвет предмета, поэтому в пределах данной зоны рекомендуется размещать основные и аварийные индикаторы и главные органы управления производственного оборудования.

Общее время  $T$  складывается из нескольких компонентов

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где  $t_1$  — латентный период первого скачка;  $t_2$  — время движения по первой стороне угла;  $t_3$  — длительность фиксационной паузы в вершине угла;  $t_4$  — время движения по второй стороне угла.

Менее важные средства отображения информации могут располагаться в зоне, примыкающей к оптимальной, а редко используемые элементы — в зоне с еще большими пределами. В последнем случае наблюдение оператором за средствами отображения информации производится при повороте головы и глаз.

Пространственная структура рабочего поля восприятия может включать несколько конкретных полей, на которые последовательно переносится взгляд оператора. Например, у машинистки при работе имеется три поля: переписываемый материал, клавиатура машины и напечатанный текст. Благодаря профессиональному навыку пространственная структура поля наблюдения может упрощаться: опытная машинистка редко смотрит на клавиатуру. В случае обслуживания нескольких станков или автоматических устройств, на которых средства отображения информации размещены на значительном расстоянии друг от друга, оператору приходится переходить от одного поля к другому.

При размещении органов управления на оборудовании и средств отображения информации на пультах управления рекомендуется учитывать, что горизонтальные движения глаз более быстрые, чем вертикальные, горизонтальные пропорции и размеры оцениваются точнее вертикальных; последние обычно переоцениваются. Движения глаз слева направо и снизу вверх быстрее, чем в обратном направлении. Прямые линии прослеживаются взглядом легче и быстрее кривых, а плавные переходы линий воспринимаются легче ломаных. Исследование восприятия элементарных ритмических композиций (круги, полосы и др.) на плоскости методом вектор-





Рис. 40. Время считывания показаний индикатора при наличии дополнительного сигнализатора и без него.

электроокулографии показало, что восприятие ритмических рядов происходит в направлении от больших элементов к меньшим, от темных к светлым и от малых интервалов между элементами к большим (Кудин П., Ломов Б., Митькин А., 1969).

Скорость и эффективность восприятия и переработки информации существенно повышаются с введением дополнительного сигнализатора, на который работающий должен обращать особое внимание. На рис. 40 показано, что время определения расположения стрелки на шкале с дополнительным сигнализатором значительно меньше, чем без него. Часто бывает целесообразно на шкале выделить цветной полоской зону «нормально», так как в этом случае при контрольном чтении оператору достаточно лишь воспринять и оценить взаимное положение стрелки-указателя и отметки-сигнализатора. Эффективность восприятия отметки-сигнализатора повышается, когда она отличается от других отметок не только цветом, но и формой (Зинченко В. П., Мунипов В. М., Смолян Г. Л., 1974; Schultetus W., 1974).

В тех случаях, когда зрительный анализатор оператора перегружен информацией или в связи с неблагоприятными условиями (низкая освещенность, сильная вибрация и др.) затруднено визуальное восприятие, целесообразно часть информации переключить на слуховой анализатор.

Звуковая сигнализация используется при передаче простой и краткой информации, например если нужно передать дополнительную информацию или предупре-



дить оператора о предстоящем поступлении сигнала. При кодировании звуковых сигналов тональностью человек может воспринять 16—25 градаций тональных сигналов, различающихся по высоте или громкости. Абсолютные пороги слухового анализатора в значительной степени зависят от частоты звукового сигнала, дифференциальные пороги по интенсивности и частоте — от исходных величин этих характеристик. В звуковом диапазоне дифференциальный порог по интенсивности составляет около 0,1 от исходной интенсивности сигнала, дифференциальный порог по частоте — 3—5 Гц при интенсивности не менее 10 дБ. Существенное влияние на пороги оказывает длительность сигнала. Минимальная длительность звука, при которой оценивается его качество, составляет 20—50 мс. При меньшей длительности звук воспринимается как щелчок.

Особого внимания заслуживает слуховой анализатор при проектировании средств сигнализации об аварийной ситуации. Слуховая информация воспринимается человеком быстрее зрительной. Сенсомоторная реакция человека на звуковой сигнал на 20—30 мс быстрее, чем на световой. Это различие определяется разной скоростью переработки поступающей информации в анализаторах вследствие их морфофизиологических особенностей. Процесс восприятия раздражения в зрительном анализаторе связан прежде всего с фотохимическими реакциями в его периферическом звене. Эти реакции протекают несколько медленнее, чем переработка информации в периферическом звене слухового анализатора. Для восприятия сигнала опасности через зрительный анализатор человек не должен упускать из виду направление возможного появления сигнала. Необходимость такой концентрации внимания отпадает при проектировании передачи звуковой сигнализации. На восприятие звукового сигнала местоположение его источника по отношению к оператору существенного влияния не оказывает.

Слуховой анализатор позволяет получать большое количество информации в виде речевых сообщений. Эта форма передачи приобретает особое значение, когда работа связана с необходимостью быстрого двустороннего обмена информацией. Основными характеристиками звуковых колебаний являются интенсивность, частота и форма, которые отражаются в слуховых ощущениях как громкость, высота, тембр. Диапазон частот звуковых ко-



лебаний, воспринимаемых ухом человека, составляет 16—20 000 Гц. Особое значение в этом диапазоне имеют частоты 200—3500 Гц, соответствующие спектру человеческой речи.

При разработке аппаратуры для передачи речевых сообщений надо знать основные характеристики речи, представляющей собой комбинацию звуков, меняющихся по интенсивности и частоте. Интенсивность произносимых гласных и согласных звуков неодинакова — гласные звуки характеризуются большей интенсивностью. При переходе от наиболее громкой гласной к самой тихой согласной интенсивность звука изменяется на 30—40 дБ.

Нередко бывают такие производственные условия, когда речевые сообщения осуществляются при наличии шума. В случаях не очень сильного шума речь обычно бывает понятной, если ее интенсивность на 6 дБ выше интенсивности шума. При этом следует иметь в виду, что двухсложные слова опознаются на 30% лучше, чем односложные, а трехсложные — на 50%. Максимальная скорость передачи сообщения составляет 250 слов в минуту. Однако для хорошего восприятия и понимания речевого сообщения оно должно передаваться в оптимальном темпе — 120 слов в минуту, при этом длина фразы не должна превышать 10—11 слов. При большей длине фразы эффективность приема снижается вследствие ограничения объема оперативной памяти (Серета Г. К. и др., 1976).

Следует, однако, отметить, что использование слухового анализатора для восприятия информации ограничивается трудностью приема и анализа информации, поступающей одновременно более чем от одного источника сигнализации.

Немаловажное значение в трудовой деятельности человека имеет кожный анализатор. При помощи тактильных рецепторов человек получает информацию о положении объекта в пространстве, о его форме, поверхности, качестве материала, из которого он сделан и т. д.

Довольно часто при работе технологического оборудования возникает вибрация. Ощущение вибрации передается человеку также при помощи тактильных рецепторов. В связи с этим вибрация (в допустимых пределах) на рабочем месте служит источником информации для контроля за работой транспортных средств, механизмов, станков и др.



Абсолютная чувствительность тактильных рецепторов на механические раздражения определяется как минимальное давление, необходимое для возникновения ощущения. Так, абсолютная чувствительность губ составляет 1—50 мг/мм<sup>2</sup>, кожи спины и живота — 10 г/мм<sup>2</sup> с различием 7% от исходного давления. При механическом раздражении, возникающем при вибрации, наибольшая чувствительность рецепторных элементов наблюдается при частоте вибрации 100—300 Гц (Серода Г. К. и др., 1976).

В настоящее время ведутся поиски более широкого использования тактильных рецепторов для передачи информации оператору. Для механической сигнализации применяют вибраторы, которые устанавливают на определенных участках кожи. Болевые и электрокожные раздражения пытаются использовать в качестве сигналов об аварийной ситуации.

Все же информация, передаваемая тактильными рецепторами, вследствие их морфофизиологических особенностей не отличается разнообразием. По количеству воспринимаемой информации (тактильной) кожный анализатор значительно уступает зрительному и слуховому анализаторам. Путем изменения частоты вибротактильных или электрокожных сигналов можно передать не более 10 градаций. Трудности использования тактильных рецепторов в передаче информации о ходе технологического процесса связаны также с довольно быстрой их адаптацией и сложностью хранения сигналов в памяти.

Важное значение имеет проприоцептивный анализатор, осуществляющий контроль двигательной активности. Информация, поступающая от мышечно-суставных рецепторов, позволяет человеку точно определять положение частей тела, изменения позы, движений, определять массу предметов, соразмерять усилия при поднятии предметов различной массы и т. д. Проприоцепторы принимают участие в автоматическом регулировании позы и движений, в основе которого лежит принцип обратной связи исполнительных органов и центральной нервной системы. Получение информации о результатах действия способствует более быстрому овладению оператором управляющей системой оборудования, позволяет ему приспособиться к разным характеристикам органов управления.

Функциональные особенности проприоцептивного анализатора следует учитывать при конструировании и раз-



мещении органов управления, которыми можно было бы эффективно пользоваться не только при визуальном контроле, но и без него.

Все изложенное позволяет заключить, что использование средств различной информации и способов ее предъявления с учетом функциональных особенностей анализаторов человека способствует более быстрому и точному восприятию поступающей производственной информации, правильному ее анализованию и принятию соответствующего решения.

### **Силовые и скоростные особенности организма человека и их учет при конструировании органов управления оборудования**

В процессе трудовой деятельности человек выполняет различные рабочие движения и прилагает разные по величине усилия. Рабочие движения рук могут быть связаны с необходимостью переключения органов управления оборудования или с подъемом и перемещением предмета труда и др. Эффективность трудовой деятельности в значительной степени зависит от качества рабочих движений, их рациональности. В тех случаях когда движения рациональны, экономны, производственное задание выполняется с меньшей затратой энергии. Именно в экономном и рациональном использовании рабочих движений заключены основные резервы и возможности понижения утомления, повышения работоспособности человека, увеличения производительности труда.

В производственных условиях рабочий часто стихийно выбирает какой-то вариант трудовых действий, который часто не является оптимальным. Этот вариант становится привычным для него и сохраняется в таком нерациональном виде на долгое время. Для того чтобы предупредить подобные случаи, при проектировании трудового процесса необходимо иметь в виду структуру и возможности двигательного аппарата человека и организацию рабочего места производить с учетом этих особенностей.

Прежде всего необходимо соблюдать принцип экономии движений, который в наиболее простом виде заключается в устранении лишних движений. В этом отношении важное значение приобретает правильная организация рабочего места, когда основные производственные



операции выполняются в пределах оптимальной зоны, а второстепенные — в зоне досягаемости. Исключение частых наклонов туловища и переходов достигается также путем рационального размещения предметов оргоснастки. Большое значение имеет постоянство расположения на рабочем месте инструментов, приспособлений, заготовок и др. В этом случае рабочие движения становятся привычными, приобретают автоматизм и требуют для выполнения меньшей затраты внимания, времени и энергии.

Устранения лишних движений можно достигнуть рационализацией трудового процесса путем исключения без ущерба какого-либо приема. Так, исключение приема обрезания пряжи при операции строчки подошв в обувном производстве сократило по четыре движения на операцию. При этом за смену число движений уменьшилось на 2640, а путь пробега рук укоротился почти на 1 км (Виноградов М. И., 1966). Вместе с тем к вопросу об устранении лишних движений, как отмечает М. И. Виноградов, следует подходить дифференцированно. В тех случаях, когда производственные операции являются слишком простыми, как, например, при работе на некоторых конвейерах, необходимо оценить физиологическую значимость каждого движения. В этих случаях исключение движения как технически неоправданного может привести к еще большему упрощению стереотипа и уменьшению его динамичности и, как следствие этого, еще больше увеличится однообразие и монотонность работы.

Экономия движений может достигаться рациональным использованием активных и пассивных сил. Это означает, что при выполнении рабочего движения необходимо управлять им путем рационального использования силы тяжести и силы инерции. Так, если рабочее движение связано с опусканием руки, то в начале его необходима мышечная сила для преодоления инерции массы руки, в дальнейшем движение может осуществляться по инерции без мышечного напряжения. Чтобы движение было экономичным, надо вначале развить большую скорость (при этом происходит быстрое накопление кинетической энергии), чтобы затем воспользоваться силой инерции.

В зависимости от характера выполняемого производственного задания в рабочих движениях могут участвовать различные звенья двигательного аппарата человека.



Так, работа может выполняться в основном только при помощи пальцев, кисти; кисти и предплечья; кисти, предплечья и плеча с вовлечением корпуса и без него. В каждом случае работающей кинематической цепи должно соответствовать позвенное распределение вводимой в действие мышечной массы. Следует стремиться к тому, что-

Т а б л и ц а 16

Величины силы различных мышечных групп (в кгс)  
(Уфлянд Ю. М., 1965)

Показатель	Мужчины	Женщины
Сила руки (сжатие динамометра)		
правой	38,6	22,2
левой	36,2	20,4
Сила двуглавой мышцы плеча		
правой	27,9	13,6
левой	26,8	13,0
Сгибание кисти		
правой	27,9	21,7
левой	26,6	20,7
Разгибание кисти		
правой	23,4	18,5
левой	21,8	16,7
Сила большого пальца рук		
правой	11,9	9,0
левой	10,9	8,3
Становая сила (мышц, выпрямляющих согнутое туловище)	123,1	71,0

бы при легкой работе там, где это возможно, в большей степени использовать мелкие мышцы рук (кисти, предплечья) и реже — крупные мышцы (плечевого пояса, поясницы, туловища). Чем больше сочленений участвует в двигательном акте, тем больше расходуется сил и энергии на его выполнение.

В настоящее время становится все меньше работ, выполнение которых связано с большими усилиями, требующими участия крупных проксимальных мышц конечностей и туловища. Но и при выполнении легкой работы,



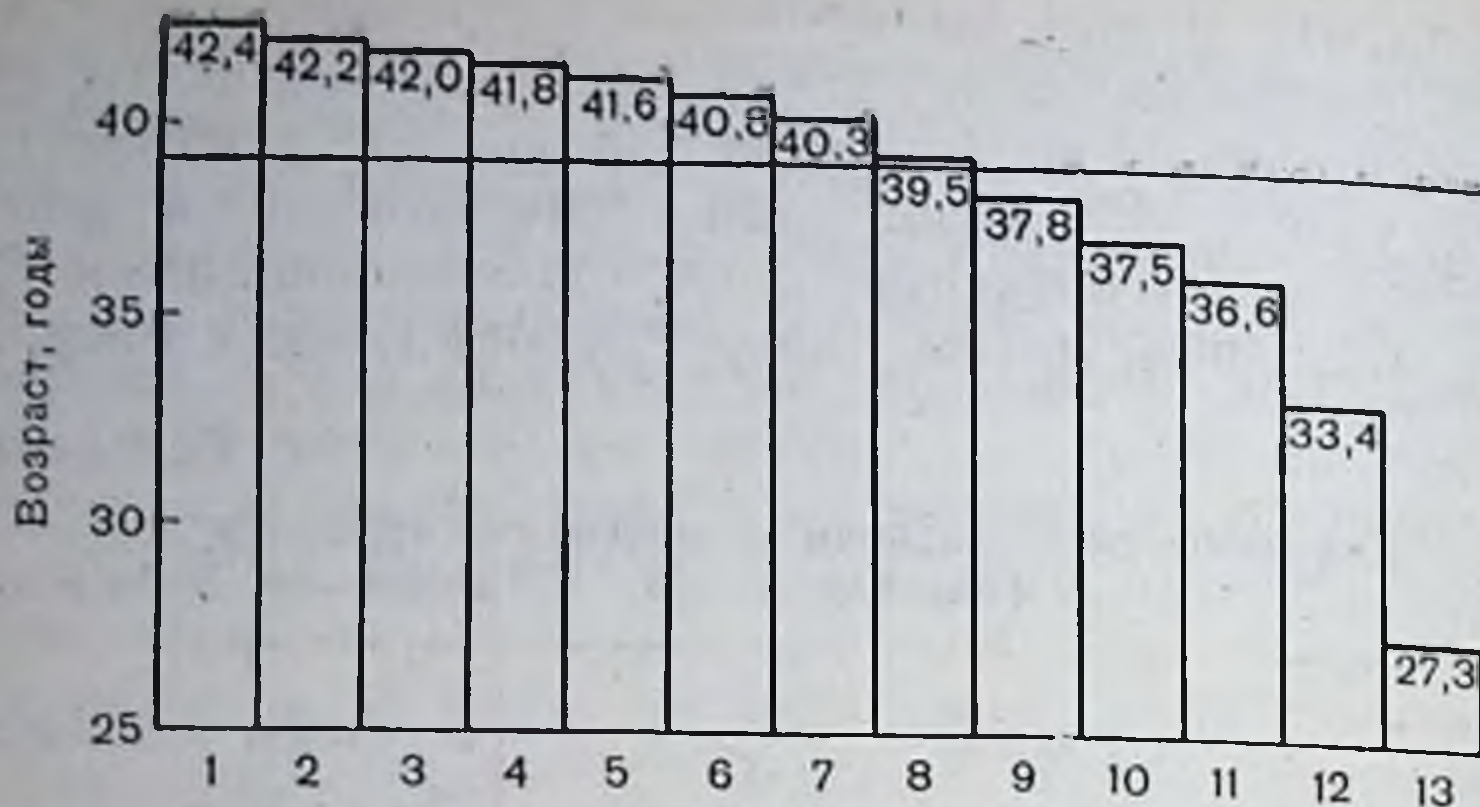


Рис. 41. Сила мышц кисти руки (кгс) у лиц разных профессий в возрасте 30—49 лет (Ю. М. Уфлянд, 1965).

1 — рабочие тяжелого физического труда; 2 — грузчики; 3 — стеклодувы; 4 — пекари; 5 — слесари; 6 — пивовары; 7 — котельщики-пневматики; 8 — словолитчики; 9 — маляры; 10 — лица умственного труда; 11 — наборщики; 12 — печатники; 13 — канатчики. Горизонтальная линия — средняя величина для всех обследованных лиц — 39 кгс.

например сборке мелких деталей, работе на клавишной технике, кроме малых дистальных мышц рук, принимают участие крупные мышцы спины и плеча, которые несут в основном статическую нагрузку по поддержанию рабочей позы. С целью уменьшения статического напряжения там, где это возможно, вводят опорные элементы для неподвижных звеньев конечности, механизуют наиболее трудоемкие элементы работы.

При проектировании трудового процесса важно знать, что сила и скорость сокращения различных мышц неодинаковы. В табл. 16 приведены величины силы различных мышечных групп руки у мужчин и женщин, зарегистрированные у большого числа лиц Ю. М. Уфляндром (1965). Как видно из этой таблицы, сила правой руки больше, чем левой, при этом степень выраженности асимметрии для разных мышечных групп неодинакова — 4—8% величины силы мышц.

Сила мышц изменяется с возрастом. Наибольшая мышечная сила наблюдается в возрасте 20—29 лет (в среднем 25 лет), затем она постепенно, а начиная с 50 лет более выражено уменьшается. У лиц возрастной группы 60—69 лет мышечная сила на 20—45% ниже, чем у лиц в возрасте 20—29 лет.



Мышечная сила изменяется вследствие длительной работы по определенной специальности. Влияние профессии может сказаться по-разному на силе различных групп мышц. Так, Ю. М. Уфлянд, изучавший силу различных групп мышц у представителей разных профессий, выявил, что ручная сила наиболее высока у рабочих тяжелого физического труда и стеклодувов, сила сгибания и разгибания кисти — у рабочих пивоваренного завода, сила большого пальца руки — у маляров. На рис. 41 приведены величины силы мышц кисти руки у лиц разных профессий в возрасте 30—49 лет.

Сила, развиваемая рукой при движении, зависит от ее положения. В положении стоя наибольшая сила развивается на уровне плеча, в положении сидя — на уровне локтя.

В табл. 17 приведены максимальные величины силы правой и левой руки при разных направлениях движения (к себе, от себя, вверх, вниз, влево, вправо) в положении сидя (Окóп J., 1966). Однако применение в трудовом процессе максимальных усилий недопустимо, их можно использовать только кратковременно — в течение нескольких секунд. Вместе с тем знание максимальных усилий позволяет более правильно нормировать допустимые и оптимальные величины. Допустимые величины усилий должны применяться при редком использовании органов управления. Оптимальные величины могут прилагаться работающим часто при обслуживании производственного оборудования. Однако вопрос о взаимосвязи величин усилий и частоты их применения пока еще нельзя считать полностью решенным. В настоящее время этому вопросу уделяется определенное внимание. Для некоторых органов управления стандартизованы прилагаемые усилия, соблюдение которых при проектировании и конструировании технологического оборудования должно способствовать оптимизации трудовой деятельности человека (ГОСТы 21752-76, 21753-76).

Скорость движений рук зависит от их направления и траектории, а также от того, какие мышцы принимают участие в этом движении. Так, сгибатели рук сокращаются быстрее, чем разгибатели, но последние могут развить большую силу. Следовательно, движения к себе и справа — налево (для правой руки) выполняются быстрее, чем от себя и слева — направо, но они проигрывают в силе. Отсюда ясно, что для управления скоростными



рычагами целесообразно использовать сгибатели рук, а для силовых рычагов — разгибатели.

Движения рук в горизонтальном направлении совершаются быстрее и менее утомительны, чем в вертикаль-

Т а б л и ц а 17

Величины силы рук в положении сидя при выполнении движений в разных направлениях (Окбн J., 1966)

Положение руки	Величина силы движения, кгс			
	тяга		толкание	
	левая рука	правая рука	левая рука	правая рука
	К себе		От себя	
180°	52,6	54,4	57,2	62,6
150°	50,8	55,3	50,3	55,9
120°	42,6	47,2	44,9	46,7
90°	36,3	39,2	37,6	39,0
60°	29,0	28,6	36,3	41,7
	Вверх		Вниз	
180°	18,6	19,5	15,9	18,6
150°	23,6	25,4	18,6	21,3
120°	24,5	27,2	23,1	26,3
90°	23,6	25,4	22,2	24,0
60°	20,0	22,2	20,9	23,1
	Слева	Справа	Влево	Вправо
180°	19,5	22,7	13,6	15,4
150°	21,3	24,5	13,2	15,0
120°	20,4	24,0	13,6	15,4
90°	21,8	22,7	15,0	16,8
60°	22,7	23,6	14,5	19,0

ном направлении, при частых движениях рука не должна подниматься выше плеча.

Существенное значение имеет траектория движения. Движения по удлиненным траекториям более утомительны, поэтому следует стремиться к коротким траекториям.



Вместе с тем прямолинейные движения, являясь наиболее короткими, нежелательны. Вследствие анатомических особенностей соединений звеньев руки, имеющих шаровидную, блоковидную и эллиптическую форму, более естественны и рациональны движения по криволинейным траекториям. Использование прямолинейных траекторий требует дополнительного напряжения мышц, чтобы фиксировать сустав.

Движения рук должны быть ритмичными, простыми и привычными, совершаться в пределах рабочей зоны и поля зрения. Переход от одного вида движения к другому по возможности должен быть плавным, удобным. Плавно закругленные движения быстрее прямолинейных с резким изменением направления. Криволинейные движения и движения по окружности предпочтительнее движений по ломаным траекториям. Известно, что при штукатурных, клеевых и других работах квалифицированные рабочие используют преимущественно криволинейные движения. Выполнение движения по плавной траектории является более рациональным, оно более оправдано анатомо-физиологически, и работа протекает ритмичнее.

Наряду с приведенными выше условиями экономии движений следует иметь в виду, что она может быть также достигнута при соблюдении таких правил, как одновременность движений, их симметричность, ритмичность и др. Это означает, что обе руки должны начинать и заканчивать работу одновременно. При работе одной рукой целесообразно «занять» и другую руку.

Наиболее простыми и быстрыми являются симметричные движения обеих рук в одной плоскости, но противоположно направленные (рис. 42, А, Б). Труднее совершать движения в одном направлении (рис. 42, В, Г), еще труднее — последовательные движения, когда одна рука делает движение, только что выполненное другой. Более сложными оказываются движения, совершаемые в разных плоскостях (рис. 41, Д). Наиболее сложная координация отмечается при станочных работах, когда часто вращательные движения одной руки сочетаются с линейными движениями другой, совершаемыми в другой плоскости (рис. 42, Е).

При анализе движений, выполняемых во время манипулирования органами управления в разных плоскостях, можно отметить, что вращательное движение по часовой стрелке соответствует прямолинейному движению впра-



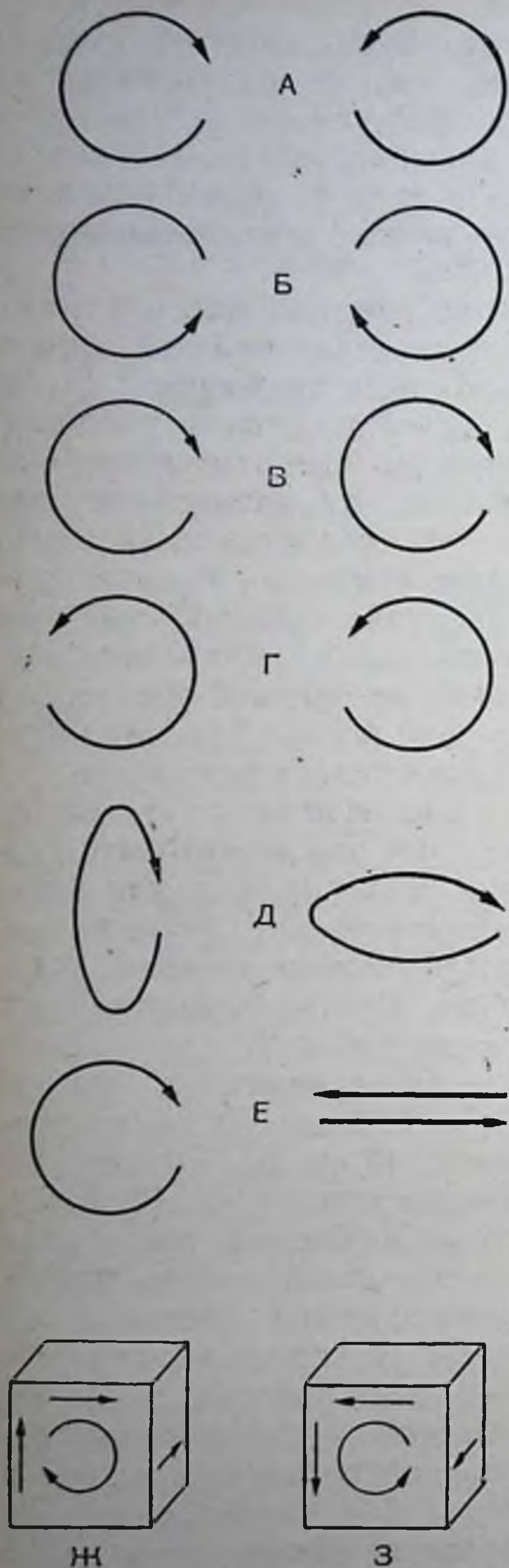


Рис. 42. Характер различных рабочих движений. Объяснение в тексте.

во, вверх, вперед (по отношению к оператору), вращательное движение против часовой стрелки—прямолинейному движению влево, вниз, назад (рис. 42, Ж, З).

Рекомендуется выполнять рабочие движения ритмично, но ритм должен быть свободным или в какой-то степени формироваться, например в соответствии с производственной музыкой. На протяжении смены вследствие развития утомления у рабочих ритм движений может меняться.

Необходимо стремиться к созданию таких условий работы, при которых наиболее быстро развиваются навыки выполнения основных рабочих движений «автоматически», без психологических нагрузок.

При сравнительном изучении труда рабочих разной квалификации выявлено, что труд высококвалифицированного рабочего отличается высокой организованностью. Его рабочее место заранее подготовлено. Благодаря тщательному изучению и продумыванию трудового процесса такой рабочий не делает непроизводительных движений. Работает он ритмично, совершая трудовые движе-



ния по коротким плавным траекториям. Рационализацию трудового процесса рабочий-новатор осуществляет в комплексе с усовершенствованием технологической операции и обеспечением полного использования мощности оборудования (Косилов С. А., 1965; Мойкин Ю. В., 1971).

Благодаря правильному выбору рабочих движений, рационализации трудового процесса значительно уменьшается утомление рабочих, а производительность труда повышается на 5—25% (Чернышев А. Н., 1969).

Силовые и скоростные особенности двигательного аппарата человека необходимо учитывать при конструировании органов управления оборудования. Создание ручных органов управления с учетом рациональных усилий и направления движений, удобство захвата рукояток и различных рычагов способствуют экономии усилий работающего и более быстрому осуществлению управляющих действий.

При конструировании и размещении различных органов управления необходимо стремиться к тому, чтобы была обеспечена простота манипулирования ими, хорошая досягаемость и видимость их для операторов, согласованность с расположением индикаторов. Все органы управления и средства отображения информации должны быть размещены так, чтобы исключались взаимные помехи при управлении и возможность самовключения; они должны иметь достаточное сопротивление, чтобы уменьшить возможность случайного включения их. Необходимо обеспечить наибольшую надежность работы органов управления даже при неожиданных направлениях движения.

При конструировании органов управления необходимо соблюдать такие правила, как оптимальность прилагаемых усилий, наличие минимального «холостого хода». С целью предотвращения опасности травмирования оператора при автоматическом и ускоренном ходе маховиков и рукояток рекомендуется соответствующим образом ограничивать скорость их вращения.

Для облегчения управления, уменьшения ошибок и времени поиска нужного органа управления применяют разные способы их кодирования.

Управление технологическим оборудованием наиболее часто осуществляется при помощи ручных органов управления, которые позволяют производить точное и



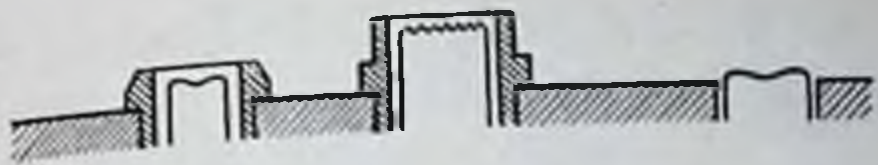
быстрое регулирование. Наибольшая точность и скорость отмечаются при приведении в действие соответствующим образом сконструированного органа управления рукой, при этом применение больших и длительных усилий не допускается. Двумя руками приводятся в действие органы управления, требующие приложения большой силы. Когда штурвал управляется двумя руками, сила вращения увеличивается вдвое. Аналогичное увеличение усилий отмечается при управлении обеими руками (к себе и от себя) прямым рычагом или рукояткой, расположенной около тела вдоль его средней линии. Если рычаг расположен на большом расстоянии от тела, преимущество в усилиях при работе двумя руками незначительно.

В зависимости от назначения ручные органы управления могут быть различными по форме, величине и конструкции. Для выполнения такой операции, как пуск—стоп, рекомендуется применять нажимные кнопки или тумблеры. Преимущество кнопок заключается в быстроте их нажатия при небольших усилиях пальцев. По виду действия кнопки бывают трех основных типов: 1) нажатие — включение, освобождение — выключение; 2) первое нажатие — включение, второе нажатие — выключение; 3) нажатие — включение и блокировка.

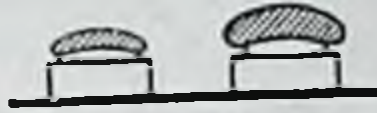
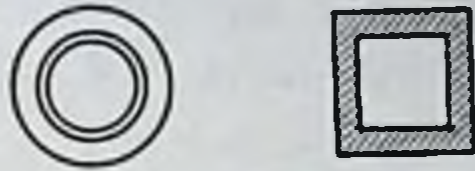
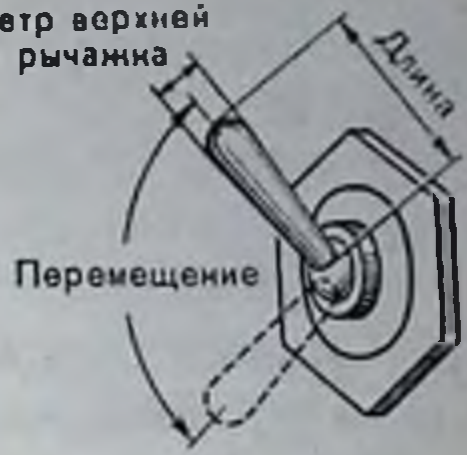
При работе сидя оптимальное расположение кнопок — на уровне локтя, когда рука согнута в локтевом суставе на  $90^\circ$ , а предплечье находится в горизонтальной плоскости. Легче и быстрее нажимать на кнопку, несколько выступающую за пределы рабочей поверхности стола. В этом случае угол между кистью и плоскостью стола должен составлять  $30\text{—}45^\circ$ . Оптимальный угол наклона клавиатуры кнопочного пульта  $15^\circ$ .

При частом использовании наиболее удобны кнопки четырехугольной формы с закругленными углами или закругленной верхней кромкой (рис. 43, А). Редко используемые кнопки могут быть круглыми. Поверхность кнопки должна быть несколько вогнутой или шероховатой, чтобы при нажатии не соскальзывал палец. Указанием для оператора об эффективности нажатия — включении кнопки — должен быть щелчок. Для облегчения различения кнопки можно кодировать цветом. Оптимальный диаметр кнопки, приводимой в действие кончиками пальцев, составляет 13 мм. Если кнопка имеет аварийное значение или предназначена для нажатия большим пальцем



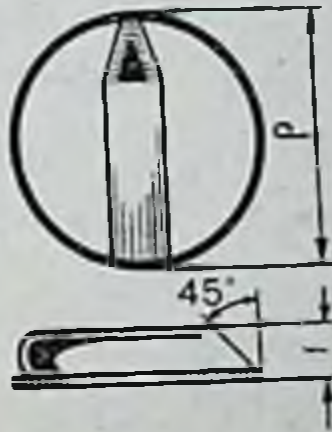


Диаметр верхней части рычажка

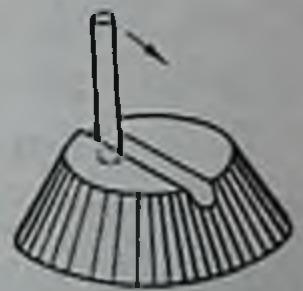
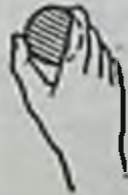


А

Б



В



Г

Рис. 43. Ручные органы управления.

А — кнопки; Б — тумблер; В — поворотные переключатели; Г — поворотные головки.



или основанием ладони, то ее диаметр увеличивают до 18—19 мм. При нажатии кнопка должна перемещаться на 3—6 мм.

Наряду с кнопками часто на пультах управления и других рабочих поверхностях с целью быстрого включения и переключения устанавливают клавиши, которые могут располагаться в виде рядов.

При проектировании различных ручных органов управления следует руководствоваться допустимыми и оптимальными усилиями. В тех случаях когда органы управления в процессе работы используются многократно, допускаемые величины усилий уменьшаются. Так, для редко используемых кнопок усилие нажатия может быть в пределах 0,60—1,20 кгс, тогда как для часто используемых оно составляет 0,14—0,16 кгс.

Для быстрого включения, переключения и выключения часто используются тумблеры (рычажковые переключатели). Тумблеры рационально применять также в тех случаях, когда возникает необходимость близкого расположения органов управления — расстояние между ними 25 мм. Положение тумблера можно опознать как зрительно, так и на ощупь. Обычно тумблеры имеют два положения, иногда три. Величина сопротивления зависит от рычажка тумблера. Рекомендуемые усилия при длине рычажка до 30 мм — 0,3—0,5 кгс, при 50—100 мм — 1 кгс (рис. 42, Б).

Функции переключения могут выполнять также поворотные переключатели, которые особенно целесообразно применять при необходимости обеспечения большого числа дискретных рабочих положений. Поворотные переключатели имеют от 3 до 24 рабочих положений. При размещении этих переключателей следует предусмотреть пространство, позволяющее руке свободно ими манипулировать.

Диаметр переключателя может колебаться от 25 до 75 мм, иногда до 102 мм, прилагаемое усилие — от 0,3 до 1 кгс (рис. 43, В).

С целью тонкого и грубого регулирования механизмов применяют поворотные ручки и головки, не требующие больших усилий и точных движений. Эти органы управления можно легко кодировать по цвету и форме. К головке можно прикрепить откидную рукоятку, при помощи которой ускоряется ее вращение. Диаметр головок варьирует в значительном диапазоне в зависимости



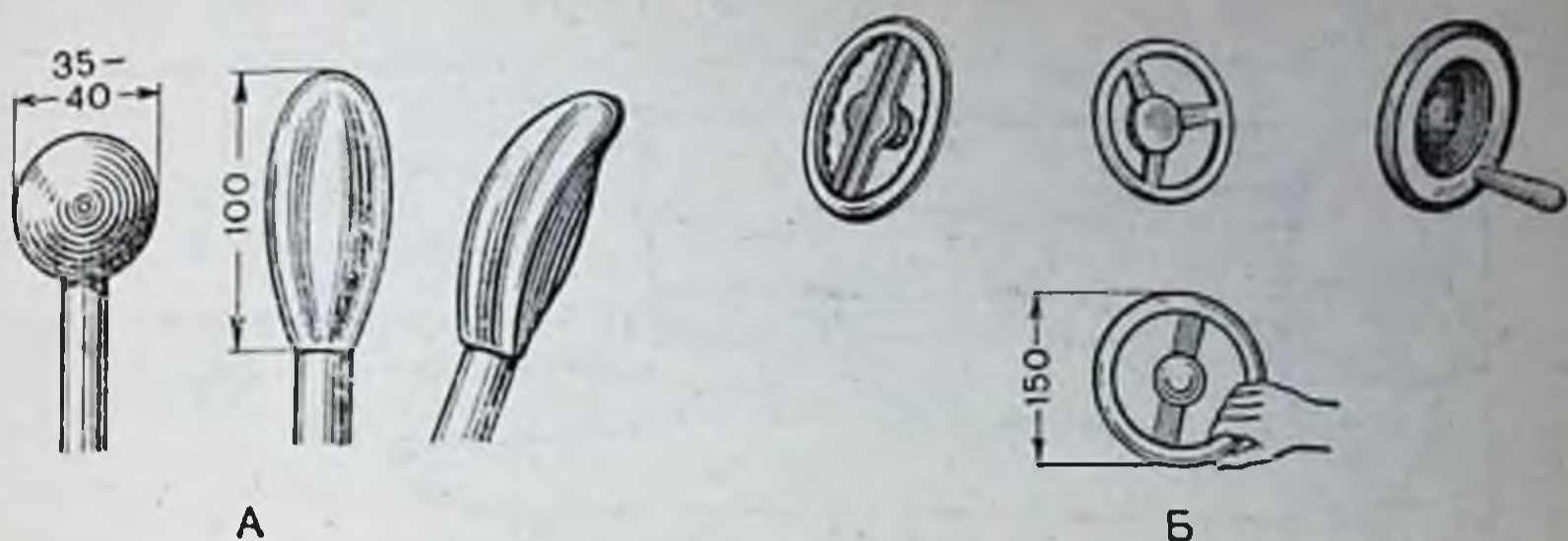


Рис. 44. Ручные органы управления.

А — рычаги; Б — маховики;

от того, сколько пальцев участвует в захвате головки при ее вращении (рис. 43, Г). Величины допускаемых при этом усилий составляют 0,5—3 кгс.

Такие операции, как переключение перестановкой вперед — назад, вбок, выполняются при помощи рычагов и рукояток. Рычаги обычно предназначаются для перемещений механизмов оборудования с приложением усилия. Их рекомендуется делать с шаровыми головками диаметром 30—75 мм или грушевидными рукоятками (рис. 44, А). Допустимые усилия, прикладываемые к рычагам в процессе управления ими, не должны превышать 15 кгс для одной руки и 25 кгс для двух рук (при возвратно-поступательном перемещении). При частом использовании рычагов усилия уменьшаются до 2—4 кгс. Амплитуда движения рычага должна находиться в соответствии с зоной досягаемости руки оператора, при этом дуга, по которой перемещается рычаг, не должна превышать  $90^\circ$ .

Для управления оборудованием и точной установки применяются маховики (рис. 44, Б). Обод маховика желательно делать с волнистой поверхностью; его диаметр не должен превышать 25 мм. Если маховик приводится в действие кистью руки, то прилагаемые усилия могут быть до 1 кгс, если в рабочем движении принимает участие рука до локтя или вся рука — до 4 кгс. Если возникает необходимость вращать маховики с большой скоростью, то целесообразно располагать их таким образом, чтобы оси вращения находились под углом  $60\text{—}90^\circ$  по отношению к оператору. Маховики, требующие приложения большого крутящего момента, рекомендуется располагать перпендикулярно к оператору.



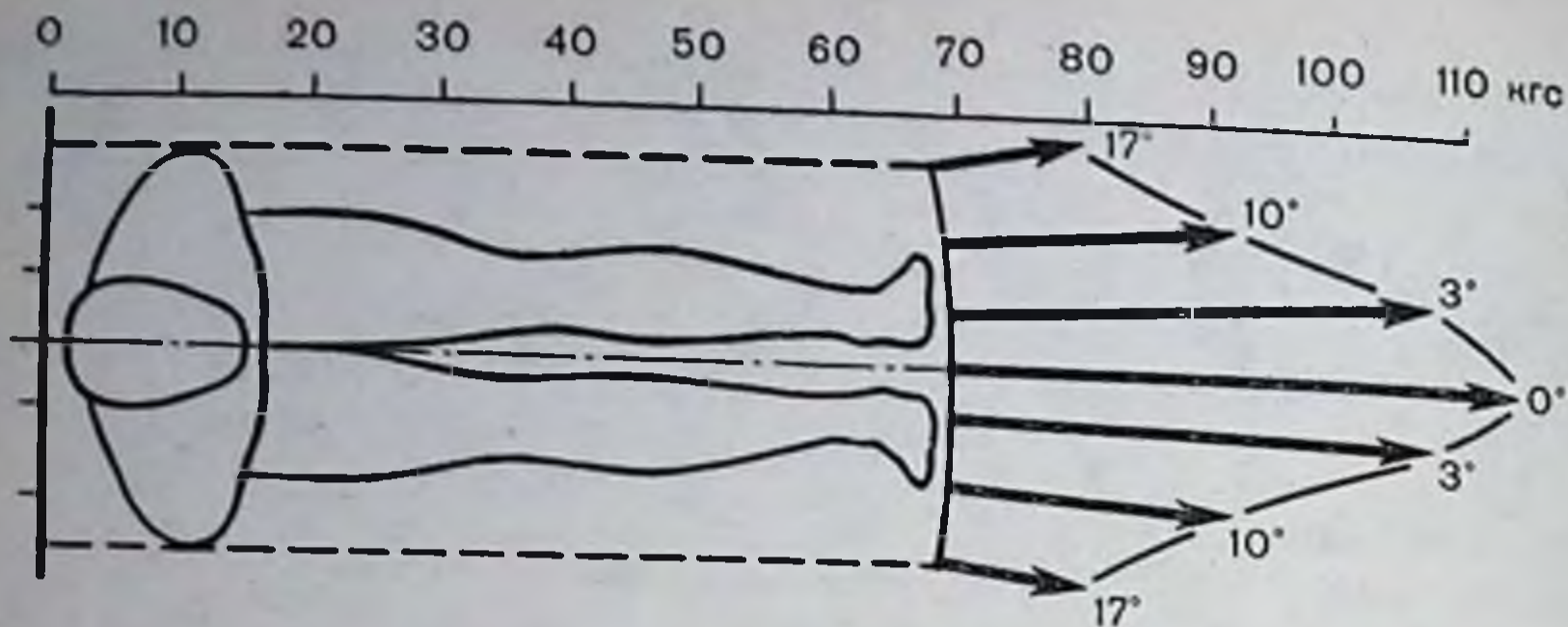


Рис. 45. Изменение силы движения ноги при удалении от медиальной линии.

Маховики, так же как и другие органы управления, особенно часто используемые, должны размещаться в пределах оптимальной рабочей зоны.

Наряду с ручными органами управления для приведения в действие, регулировки различных механизмов и технологического оборудования конструируются ножные органы управления. Основными ножными органами управления являются педали. Они применяются при необходимости приложения больших мышечных усилий (более 9—13 кгс), для разгрузки рук и экономии времени управления в тех случаях, когда приходится манипулировать большим числом органов управления, а также при работе, не требующей большой точности регулировки.

При проектировании и размещении педалей на рабочем месте следует учитывать, что величина развиваемых ногой усилий меняется в зависимости от ее положения. Наибольшая величина усилия в позе «сидя» отмечается при вытянутой вперед ноге с тупым углом в колене. Если при этом сидящий упирается в спинку сиденья, то сила толкания ноги значительно увеличивается. При уменьшении угла в колене развиваемое усилие уменьшается. Развитие максимального усилия отмечается при расположении педали на расстоянии не более 100 мм от медиальной линии тела оператора. По мере отклонения от медиальной линии сила давления ноги уменьшается (рис. 45).

Педали целесообразно размещать симметрично. Каждая нога может управлять не более чем двумя педалями.



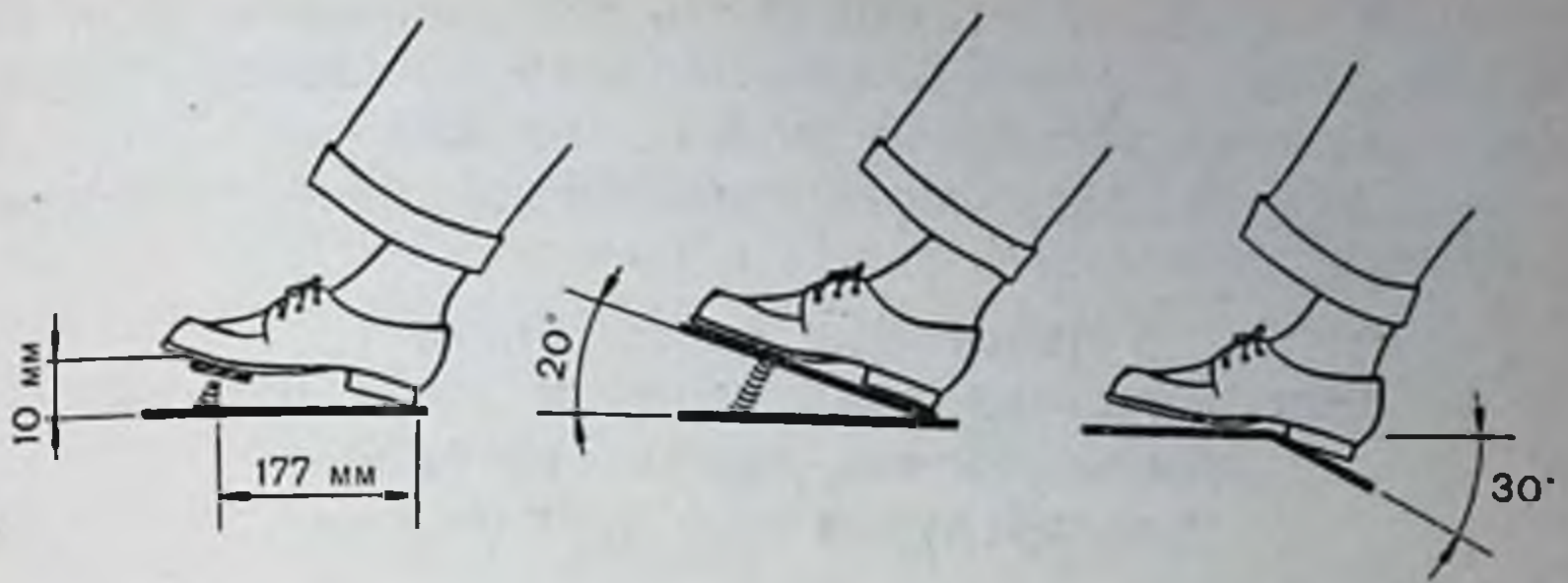


Рис. 46. Основные виды педалей.

При управлении педалью нажатие может производиться всей стопой, средней ее частью или пяткой (рис. 46).

При проектировании педали, управляемой стопой, необходимо иметь в виду, что в рабочем положении угол поворота в голеностопном суставе не должен превышать  $30^\circ$ . Оптимальная амплитуда движений в голеностопном суставе соответствует углу  $10\text{--}20^\circ$  вверх и  $20\text{--}30^\circ$  вниз; при этом перемещение педали не должно превышать  $130\text{--}150$  мм при работе сидя и  $300$  мм при работе стоя.

Управления педалью в позе стоя рекомендуется по возможности избегать, так как при нажатии на педаль в этом случае тяжесть тела переносится на одну ногу. Сохранение устойчивого положения обеспечивается за счет дополнительных мышечных усилий. В результате происходит более быстрое утомление мышц ноги и корпуса.

При необходимости управления при помощи педали в позе стоя ее высота над полом не должна превышать  $150$  мм. В конце перемещения педаль должна находиться на уровне пола.

При работе стоя оптимальные усилия, прилагаемые оператором при нажатии на педаль, составляют  $10\text{--}15$  кгс. Во время работы сидя величина их уменьшается до  $8\text{--}3$  кгс в зависимости от того, какой частью стопы производится нажатие.

Ширина педали должна соответствовать ширине подошвы (не менее  $90$  мм). Минимальная длина педали, используемой кратковременно, составляет  $60\text{--}75$  мм. При длительном нажатии ее длина может быть  $280\text{--}300$  мм. Форма педали может быть квадратной, прямоугольной, овальной; во всех случаях поверхность педали



должна хорошо контактировать с подошвой обуви. Рабочую площадку рекомендуется делать рифленой. Во избежание соскальзывания ноги с педали при больших усилиях на ее поверхности делается специальный бортик.

### **Некоторые особенности эргономических требований к конструкциям оборудования, предназначенного для обслуживания женщинами**

Физиологические требования к конструкциям производственного оборудования определяют особенности его обслуживания и включают удобство рабочей позы, степень необходимого усилия, скорость и траектории рабочих движений, количество их в единицу времени, особенности информационных взаимодействий.

В основном эти требования являются общими для операторов мужского и женского пола, но такие, как удобство рабочей позы, размерные соотношения на рабочем месте и усилия, необходимые при выполнении производственных операций, определяются анатомо-физиологическими особенностями пола оператора. Так, размерные соотношения на рабочем месте для мужчин и женщин будут различными в зависимости от антропометрических показателей.

Рост мужчин и женщин в СССР, по данным антропологов, отличается на 11,1 см [мужчины (М) — 167,8, женщины (Ж) — 156,7], длина тела с вытянутой вверх рукой — на 15,7 (М — 213,8, Ж — 198,1), длина вытянутой в сторону руки — на 6,2 (М — 72,3, Ж — 66,1), длина вытянутой вперед руки — на 5,7 (М — 74,3, Ж — 68,6), длина ноги — на 6,6 (М — 90,1, Ж — 83,5), высота глаз — на 10,1 см (М — 155,9, Ж — 145,8) и т. д. А ведь эти довольно заметные различия будут определять также выраженные различия размерных соотношений на рабочем месте при работе в позе «стоя».

Такого же рода различия между мужчинами и женщинами имеются в положении «сидя». Длина тела отличается на 9,8 см (М — 130,9, Ж — 121,1), высота глаз над сиденьем — на 4,4 (М — 76,9, Ж — 72,5), высота локтя над полом — на 4,9 см (М — 65,4, Ж — 60,5) и т. д., что не безразлично для организации рабочего места в позе «сидя» и для определения зон досягаемости и свободного пространства.



По приведенным ниже данным С. И. Горшкова, в конструкциях прядильных машин для переработки шерсти тормозок для остановки веретена при ликвидации обрыва нитей пряжи расположен выше колена всего на 4—6 см. Однако этого небольшого превышения вполне достаточно, для того чтобы создать необходимость для прядильщиц поднимать колено на эту высоту для нажатия на тормозок и ликвидации обрыва нити пряжи в неудобной позе стоя на одной ноге.

Расположение веретенного бруса на прядильных машинах, применяемых при переработке хлопчатобумажной пряжи, на 5—10 см ниже уровня кисти при позе «стоя» приводит прядильщиц к необходимости наклоняться под углом  $60^\circ$  к линии горизонта и в таком вынужденном положении ликвидировать обрыв нитей. Эта операция в хлопчатобумажном производстве выполняется до 2—2,5 тыс. раз в смену, что приводит к значительной статической нагрузке мышц туловища прядильщиц.

При определении рабочих усилий, выполняемых теми или иными мышечными группами при обслуживании оборудования, необходимо исходить из динамометрических данных. Однако они для мужчин и женщин также различны.

Сила сжатия правой руки у мужчин и женщин различается на 16,4 кгс (М — 38,6, Ж — 22,2), сила правого бицепса — на 14,3 (М — 27,9, Ж — 13,6), сила сгибания кисти правой руки — на 6,2 (М — 27,9, Ж — 21,7), сила сгибания большого пальца правой руки — на 2,9 кгс (М — 11,9, Ж — 9,0), становая сила — на 62,1 кгс (М — 123,1, Ж — 71,0) и т. д. С этими различиями в силе мышечных групп у мужчин и женщин связаны различия в разовом подъеме предельной массы груза и в сменной грузопереработке. Так, если для мужчин рекомендуемая величина разового подъема составляет 20—30 кг, норма сменной грузопереработки с отметки рабочей поверхности — 10—15 т, а с отметки пола — 4—6 т, то для женщин эти величины составляют в тех же условиях не более 40% от показателей для мужчин.

Эти и другие различия между мужчинами и женщинами должны учитываться при конструировании производственного оборудования, так как в противном случае физиологические требования к размерным соотношениям на рабочих местах и к рабочим усилиям не будут соблюдаться, что приведет к неудобным рабочим позам и к не-



обходимости применения слишком утомительных усилий для женщин. Следует учитывать и некоторые другие особенности эргономических требований к конструкциям производственного оборудования, предназначенного для обслуживания женщинами.

На основе учета этих различий между организмом мужчин и женщин уже планируется конструкция трактора «Волжанка», предназначенного для управления женщинами. Размеры кабины в этом тракторе, рабочее место, расположение рычагов и величина усилий, необходимых для управления ими, зоны обзорности планируются с учетом указанных особенностей организма женщин. По-видимому, указанные различия должны найти отражение в конструкциях многих других видов оборудования.

### **Количество операций при обслуживании производственного оборудования**

Количество операций, выполняемых при обслуживании производственного оборудования, является важнейшей эргономической характеристикой взаимоотношений человека и техники и показателем тяжести и напряженности труда. В настоящее время, однако, каких-либо обоснованных нормативных данных по этому вопросу не существует. Не найден пока и подход к определению принципа нормирования этого эргономического показателя. В «Единых требованиях НОТ», составленных Научно-исследовательским институтом труда (1967), содержится рекомендация, указывающая, что физиологически оправданная повторяемость операций не должна превышать 180 в час. При этом повторяемость от 181 до 300 раз в час рассматривается как повышенная, от 301 до 600 — большая, а свыше 600 раз в час — особо большая. Избыточная повторяемость однородных производственных операций ведет к монотонности трудового процесса и вследствие этого к развитию торможения в центральной нервной системе, замедлению рабочих движений и понижению производительности труда. Эти рекомендации, однако, очень сильно расходятся с фактическими данными о количестве операций, выполняемых при обслуживании разных видов производственного оборудования. Из твердо установленных фактических данных о количестве операций, выполняемых в разных производственных условиях, можно привести данные о том, что мотальщи-



цы при обслуживании моторных машин выполняют до 500 операций в час, прядильщицы в хлопчатобумажном производстве при высокой обрывности нитей — до 300 и более операций в час. Машинистам бульдозеров и экскаваторов также приходится выполнять огромное количество операций. При большом количестве рычагов управления машинист экскаватора за один рабочий цикл (20 с) производит 12—16 перемещений рычагов управления, а за смену — более 15 000 включений, что составляет около 2000 операций за 1 ч работы. По данным В. Н. Козлова, количество рабочих движений тракториста за 1 ч сменного времени на пахоте также превышает рекомендации НИИ труда.

Конструкции пультов управления ряда машин до сих пор, несмотря на строгую последовательность производственных операций, построены так, что каждая операция в отдельности управляется оператором. Так обстоит дело и на современных автоматизированных предприятиях, например в цехах автоматического проката труб. В этих цехах оператор пульта управления кольцевой печи выполняет при подаче одной заготовки к прошивному стану 12 движений рукоятками пульта управления, что повторяется при обслуживании каждой из 250 заготовок, обрабатываемых за 1 ч работы. Всего, таким образом, оператор этого пульта совершает до 3000 повторных движений рукоятками за 1 ч при одновременном выполнении других производственных операций, о чем будет сказано подробнее ниже. На линиях розлива вин операторы ручных операций выполняют до 2000—3000 повторных операций в 1 ч. Наряду с этими случаями большого превышения фактического количества выполняемых операций, рекомендуемых нормативов по «Единым требованиям НОТ» известны случаи, когда при обслуживании производственного оборудования с большим трудом выполняются намного меньшие по сравнению с этими рекомендациями количества операций. Так, ткачихи с большим трудом ликвидируют 50—60 обрывов нитей основы за 1 ч, и для них еще в 1961 г. на I Конференции по вопросам гигиены и физиологии труда в текстильной промышленности, проходившей в г. Иваново, было принято решение о предельно допустимом количестве ликвидируемых обрывов не более 35—40 в 1 ч.

В табл. 18 приведена подробная сводка данных о фактическом количестве повторяемых операций при обслу-



**Количество операций, выполняемых при обслуживании  
производственного оборудования**

Профессия	Операция	Время на одну операцию, с	Количество операций в 1 ч	Автор
Мотальщицы		3	500	С. И. Горшков
Прядильщицы		4	До 300	
Ткачихи хлопчатобумажного производства	Ликвидация обрыва нитей	20—30	» 50	
Ткачихи коврового производства		До 80	20—80	О. М. Мальцева (1972)
Прядильщицы комвольного производства		—	53	Е. В. Кривоносов (1971)
Сборщики резисторов	Сборка	1,7—14,5	400	В. С. Раевский, Т. Г. Войкова (1971)
Штамповщицы	Штамповка деталей мотоцикла	—	445	Ю. Г. Солонин с соавт. (1971)
Оператор	Управление пультом трубопрокатного завода	—	4000	А. Н. Зеленкин (1972)
Оператор	Управление пультом главного поста Новотагильского завода	—	3000	А. В. Васильева (1969)



Экскаваторщики	Управление экскаватором	—	2000	С. И. Горшков, А. В. Рошин (1971)
Тракторист	Управление трактором	—	1200 переключений	В. Никитин, Б. Спельман (1968)
Швея-мотористка	Пошив одежды	—	1800	К. И. Барышников, А. С. Шульц (1936)
Контролер часового завода	Подсчет камней	—	4000	
Укладчик	Укладка и сортировка	3—6	500	И. Е. Рыжиков, Ю. Н. Коркин, И. И. Самсон (1970)
Обрезчик	Обрезка лоз	—	1500	М. Ф. Пчелкин, А. М. Никуленко (1970)
Оператор прокатного стана	Управление пультом	—	6000	З. В. Бажанов (1970)
Оператор клавишной ЭВМ	Вычислительные работы	—	15—20 тыс.	Э. Ф. Шардакова (1972)
Тракторист	Управление трактором, переключение рычагов	—	1300—1400	В. Н. Козлов (1972)



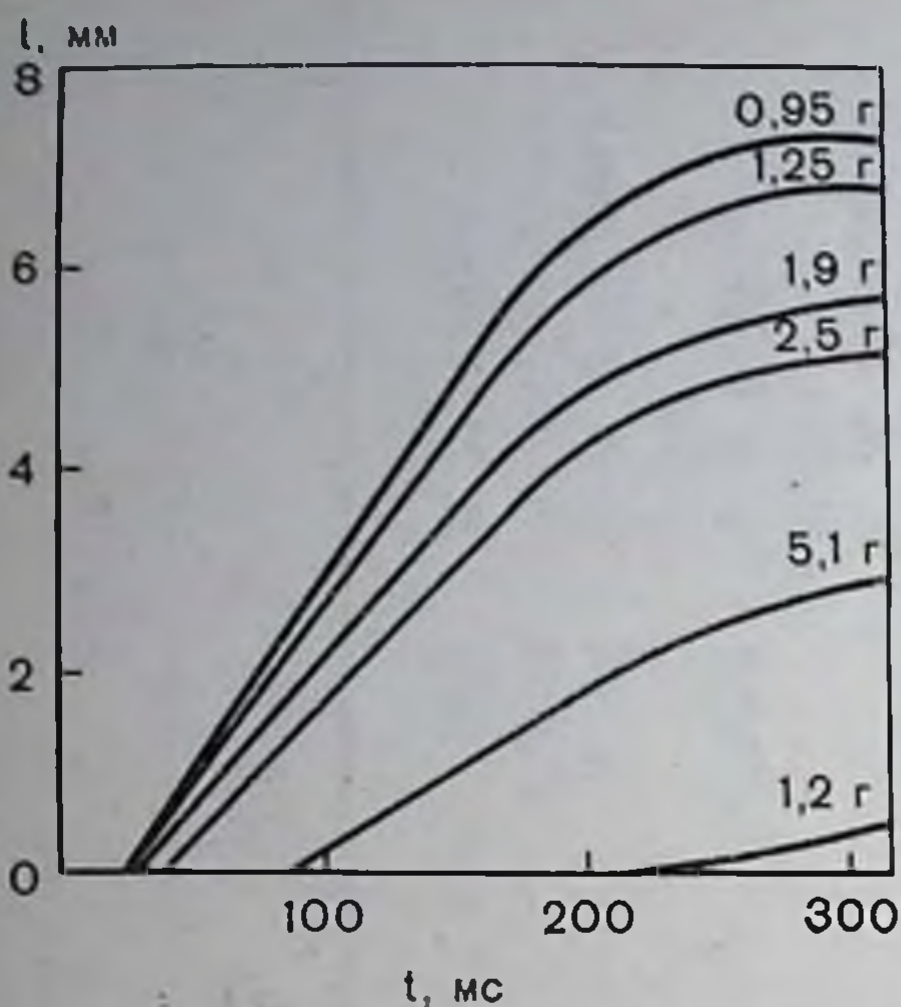


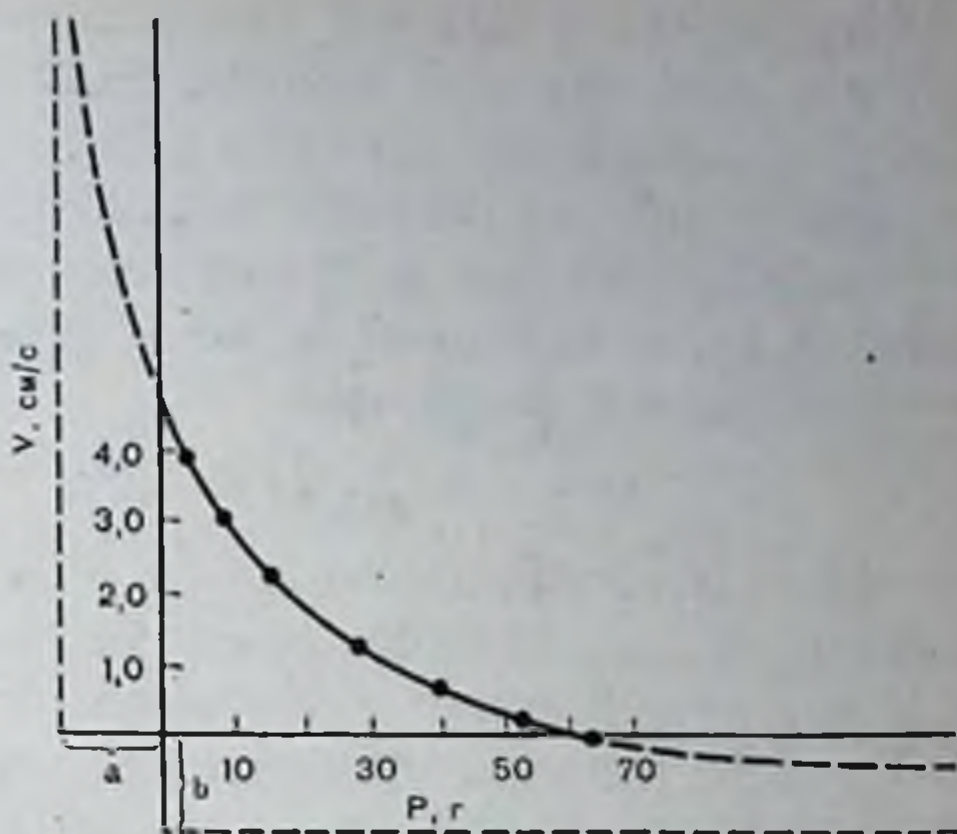
Рис. 47. Изотоническое сокращение портняжной мышцы при разных нагрузках. Цифры над кривыми — нагрузка,  $l_0 = 27$  мм, температура  $0^\circ$ . Ордината — величина укорочения; абсцисса — время после нанесения одиночного раздражения (Е. К. Жуков, 1969).

живании разных видов производственного оборудования. Это большое разнообразие фактических данных о количестве операций, выполняемых на разных производствах, и их большое отклонение в обе стороны от нормативов, приведенных в «Единых требованиях НОТ», указывает на необходимость изучения этого вопроса и, в частности, на необходимость рассмотрения физиологических представлений о темпе и ритме, свойственных человеку, при выполнении повторных действий, о значении скорости протекания различных нервно-рефлекторных реакций, о различиях в сложности и времени протекания различных, имеющих место в производстве, операций и о значении этих данных для решения вопроса о допустимом их количестве при обслуживании производственного оборудования.

Рассмотрим вначале некоторые физиологические основы деятельности мышц. Здесь прежде всего необходимо обратить внимание на то, что продолжительность одиночного мышечного сокращения не является постоянной, а зависит в первую очередь от величины нагрузки на мышцу (Жуков Е. К., 1969). На рис. 47 видно, что чем больше нагрузка, тем больше интервал времени между моментом нанесения одиночного раздражения и началом ее изотонического сокращения. Видно также, что с увеличением нагрузки уменьшается сама величина изотонического сокращения. Увеличение интервала времени между моментом нанесения раздражения и началом сокращения мышцы не означает увеличения скрытого периода сокращения мышцы, а указывает на то, что к латентно-



Рис. 48. Скорость тетанического сокращения как функция нагрузки (при равной исходной длине). Ордината — скорость сокращения; абсцисса — нагрузка (Хилл, 1938).



му периоду добавляется время развития в мышце напряжения, необходимого для преодоления нагрузки, приложенной к мышце. Это время тем больше, чем больше нагрузка, что и показано на рис. 46. Если при нагрузке в 0,95 г это время составляет около 20 м/с, то при нагрузке в 12 г оно уже достигает 200 м/с, т. е. такой величины, которая приобретает существенное значение в скорости мышечного сокращения. От величины нагрузки зависит и скорость мышечного сокращения. Как видно на рис. 48, скорость тетанического сокращения мышцы с увеличением нагрузки уменьшается. По расчетам А. В. Хилла (1938), эта зависимость носит гиперболический характер и подчиняется формуле

$$(P+a)(V+b) = b(P_0+a) = const,$$

где  $V$  — скорость сокращения мышцы при нагрузке  $P$ ;  $P_0$  — тот груз, который лежит на пределе подъемной силы мышцы;  $a$  и  $b$  — асимптомы, к которым приближаются ветви гиперболы.

В случае кривой, изображенной на рис. 48,  $a = 14,35$  г ( $357$  г/см<sup>2</sup>);  $b = 1,03$  см/с ( $0,27$   $l_0$ /с);  $P_0 = 66$  г (здесь  $l_0$  — длина мышцы в покое).

Большой интерес представляют физиологические данные относительно оптимального ритма мышечных сокращений и его зависимости от величины нагрузки. Как известно, этот вопрос был разработан Хиллом. Здесь мы излагаем его с комментариями А. А. Ухтомского (1954).



Исследуя начальное теплообразование, Хилл столкнулся с тем, что при прочих равных условиях опыта самые разнообразные мышцы при различных способах раздражения обнаруживают постоянство отношения между теплообразованием и произведением длины мышечных волокон на их максимальное напряжение. Это постоянство выражается формулой

$$H = bL\tau,$$

где  $H$  — теплообразование;  $b$  — множитель пропорциональности;  $L$  — длина мышечных волокон;  $\tau$  — максимальное напряжение при изометрическом режиме.

Так как произведение  $L\tau$  представляет собой энергию эластического напряжения мышцы, т. е. ее механический потенциал, то можно написать уравнение

$$W_0 = b_1Lt,$$

где  $b_1$  — коэффициент пропорциональности;  $W_0$  — механический потенциал мышцы.

Сопоставляя эти два выражения, можно прийти к выводу, что теплообразование в мышце служит мерою не динамической работы, но ее эластического напряжения, т. е. ее механического потенциала. Энергия же динамической работы мышцы (изотонического сокращения) черпается из ее механического потенциала. Теоретически все 100% механического потенциала мышцы могут быть использованы на механическую работу. Практически, однако, часть механического потенциала расходуется на преодоление внутреннего трения в мышце, т. е. ее вязкости. Эта часть превращается в тепло, которое тем больше, чем больше вязкость мышцы и чем скорее мышца сокращается. Уже при пассивном растягивании мышцы можно убедиться, что теплообразование от растяжения тем больше, чем меньше  $t_1$ , т. е. чем меньше время деформации мышцы. Обозначив коэффициент вязкости мышцы через  $k$ , мы получаем для энергии, действительно реализуемой в виде механической работы, следующее выражение:

$$W = W_0 - \frac{k}{t}.$$

Отсюда видно, что  $W$  тем больше приближается к  $W_0$ , чем, во-первых, меньше деформация мышцы, т. е. чем больше противодействие сокращению; во-вторых, чем меньше коэффициент вязкости, фактически способный



понижаться при массаже и упражнении мышц, и, в-третьих, чем больше  $t$ , т. е. чем медленнее сокращается мышца.

Из этих данных можно вывести целый ряд новых данных о физиологических свойствах мышц и прежде всего о коэффициенте полезного действия мышцы. Для вычисления этого коэффициента совокупная энергия, освобождающаяся в мышце за период начального теплообразования в ответ на раздражение, должна слагаться из: 1) механического потенциала  $W_0$ , которому соответствует постоянное количество тепла, отдаваемого мышцей при прекращении напряжения; 2) тепла, сопряженного с выделением молочной кислоты, для поддержания напряжения в течение времени  $t$ .

Ход совокупного теплообразования в зависимости от времени напряжения  $t$  был прослежен Хартри и Хиллом. Он выражается в виде (рис. 49) почти линейного возрастания теплообразования по мере увеличения  $t$ ; рост теплообразования идет тем круче, чем выше температура мышцы, но при всевозможных температурах мышцы теплообразование начинается от одной и той же постоянной величины, соответствующей наименьшему  $t$ . Эта постоянная величина, показанная на рис. 49, равна.

$$G = \frac{L\tau}{5,5}.$$

Имея в виду, что потенциальная энергия, развивающаяся в мышце вследствие раздражения, оказывается в одинаковой зависимости от  $L\tau$ , а именно  $W_0 = \frac{L\tau}{6}$ , Хилл считает возможным истолковать постоянную начальную ординату (см. рис. 49) физически как величину, соответствующую тепловому эквиваленту механического потенциала мышцы при максимальном напряжении.

Что касается наклона линий теплообразования в зависимости от возрастания времени  $t$  (см. рис. 49), то он

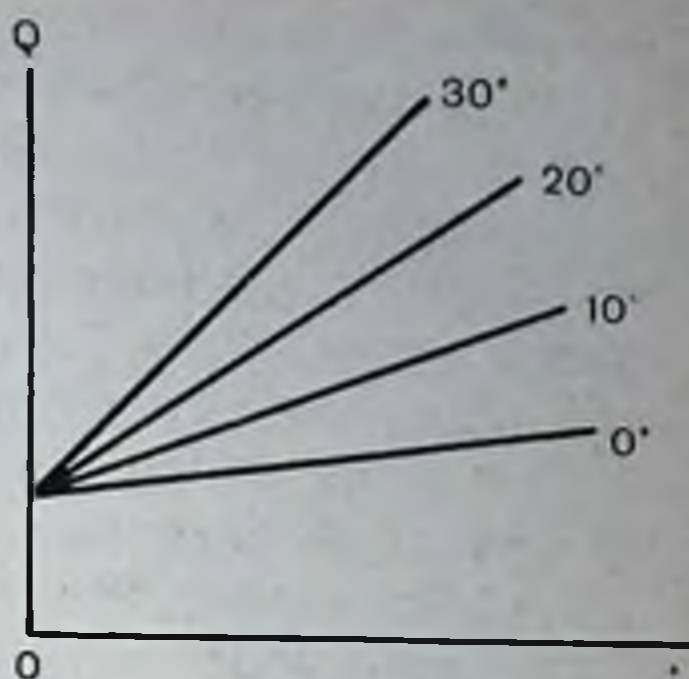


Рис. 49. Величина начального теплообразования в мышце и зависимости теплообразования от температуры мышцы.



явно говорит о том, что для каждой температуры мышцы есть свой коэффициент пропорциональности между теплообразованием от накопления молочной кислоты и продолжительностью этого накопления. Обозначим этот коэффициент пропорциональности (или в данном случае угловой коэффициент нарисованных условных линий)  $b$ . Тогда общий ход совокупного начального теплообразования как функция от времени возбуждения выразится в виде простого уравнения прямой с начальной ординатой  $W_0$  и угловым коэффициентом  $b$ , постоянным для каждой температуры:

$$G = W_0 + bt.$$

Величину  $b$  нетрудно установить по потреблению кислорода при максимальном изометрическом сокращении.

Задержанное теплообразование, скрывающее за собой совершенно другой химический процесс, чем начальное, оказывается на свежей мышце приблизительно равным последнему. Следовательно, совокупное общее теплообразование мышцы во время возбуждения будет

$$G = 2(W_0 + bt).$$

Тогда отношение реализуемой энергии  $W$  к совокупному общему теплообразованию  $G$  будет

$$\frac{W}{G} = \frac{W_0 - \frac{k}{t}}{2(W_0 + bt)}.$$

Из этого выражения следуют выводы. Очевидно, что с уменьшением времени  $t$  числитель в правой части уменьшается и при  $W_0 = \frac{k}{t}$  превращается в нуль. Напротив, с увеличением  $t$  знаменатель возрастает, стремясь к чрезвычайным величинам. Это значит, что в мышце должен существовать максимум производительности для определенного  $t$ , т. е. для определенной скорости работы, тогда как медленное развитие работы и еще более, слишком быстрое развитие работы неизбежно повлекут за собой упадок производительности. Для человека Хилл определил в специальных опытах:  $W = 11,18$  кг/мм,  $k$  (коэффициент вязкости)  $= 2,7$  и  $b = 5$ . Тогда  $\frac{W}{G}$  превращается для человека в уравнение



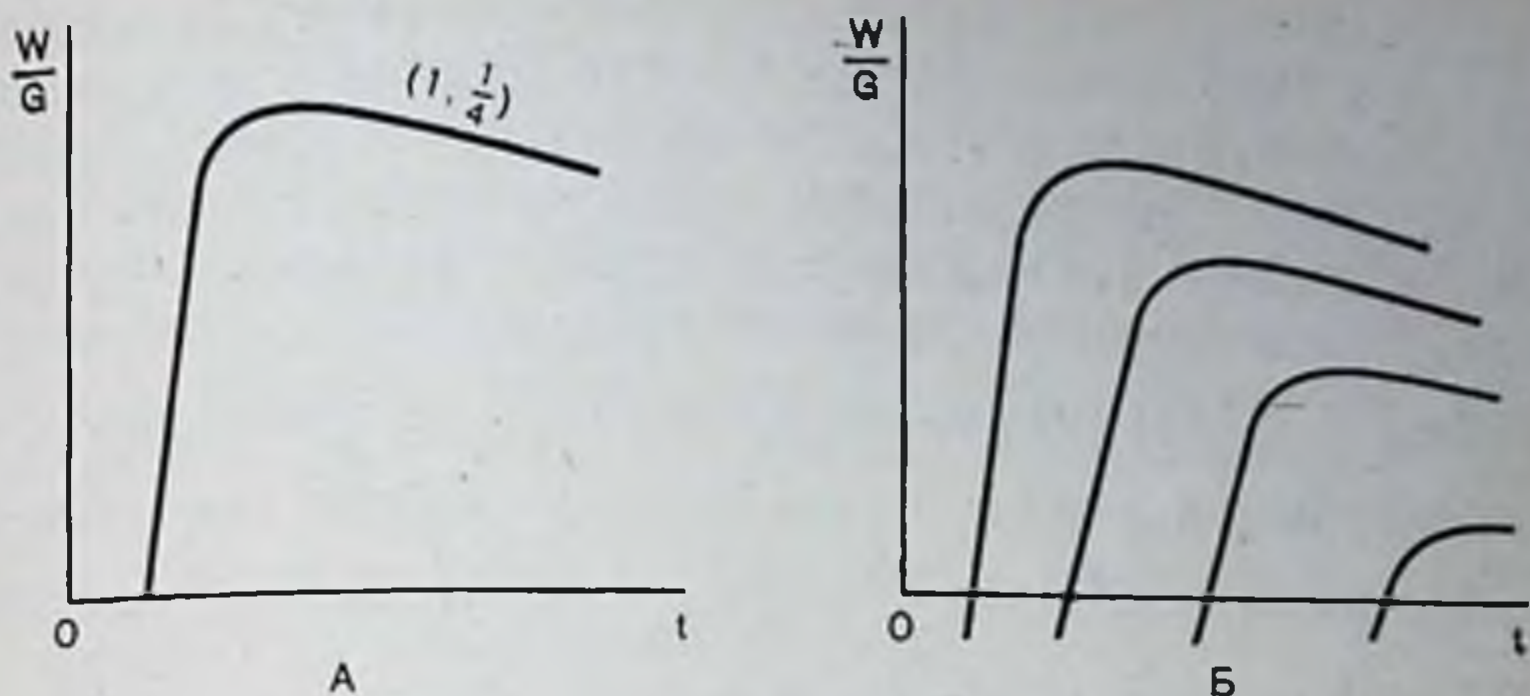


Рис. 50. Коэффициент полезного действия мышцы и зависимость оптимума от скорости сокращения и величины мышечного усилия. Объяснение в тексте.

$$\frac{W}{G} = \frac{11,18 - \frac{2,7}{t}}{2(11,18 + 5t)}$$

В этом уравнении две переменные величины —  $\frac{W}{G}$  и  $t$ . Откладывая  $\frac{W}{G}$  по ординате, а  $t$  в виде кривой (рис. 50), у которой имеется критическая точка с координатами «1 : 1/4», а по обе стороны от нее несимметричное опускание ветвей вниз, причем в сторону убывающих значений  $t$  (т. е. возрастающих скоростей) кривая падает очень круто, в сторону же возрастающих значений (т. е. убывающих скоростей) падение кривой отлогое. Координаты критической точки (1 : 1/4) указывают, что максимальная производительность мышцы соответствует развитию активного процесса в мышце 1 раз в секунду, оптимальная же производительность при этом равна 1/4, или 25%. Эти вычисления Хилла были подтверждены данными Бенедикта и Каткарта, что работа человека наиболее производительна при нажимании на педаль велосипеда 60—70 раз в минуту, а максимальная производительность в смысле механической работы определяется для человека прежними и новыми исследователями около 25%.

Из выражения  $\frac{W}{G}$  можно вывести важные заключения о роли усилий при работе мышц. Известно, что при максимальном усилии работающая мышца развивает



напряжение во всех волокнах, при субмаксимальном же усилии напрягается только та или иная часть волокон, входящих в мышцу. Пусть  $n$  представляет собой то или иное дробное число волокон мышцы, совокупность которых берется за 1. Очевидно, что для  $n$  активных волокон механический потенциал будет  $nW_0$ ; теплообразование —  $G = 2n(W_0 + bt)$ ; потеря на вязкость — по-прежнему  $\frac{k}{t}$ ; утилизируемая в виде механической работы часть энергии напряжения будет  $W = nW_0 - \frac{k}{t}$ , отсюда производительность

$$\begin{aligned} \frac{W}{G} &= \frac{nW_0 - \frac{k}{t}}{2n(W_0 + bt)} = \frac{nW_0 - \frac{nk}{nt}}{2n(W_0 + bt)} = \frac{n(W_0 - \frac{k}{nt})}{2n(W_0 + bt)} = \\ &= \frac{W_0 - \frac{k}{nt}}{2(W_0 + bt)}. \end{aligned}$$

Если для этого последнего уравнения вычертим (как и выше) кривые, варьируя значение  $n$ , то получим рис. 50 с рядом кривых с все более низкими амплитудами и критическими точками, все более отставленными в область больших значений  $t$  (медленных работ) по мере уменьшения  $n$ , т. е. усилия. Это значит, что при меньшем усилии в работе всегда и меньшая производительность последней. С уменьшением усилий оптимум производительности отстывает к более медленным работам. С увеличением усилий оптимум производительности получается для более высоких скоростей работы. Но и здесь наивыгоднейшая частота наступления активных состояний в мышце при максимальном усилии 1 раз в секунду.

Таковы физиологические основы представлений о наиболее оптимальных условиях работы мышц, когда процессы в мышцах рассматриваются изолированно. Однако то обстоятельство, что мышцы являются только одним из звеньев сложного двигательного аппарата человека, накладывает на двигательную активность человека свои особенности, которые мы и будем рассматривать дальше.

Представленные материалы указывают, что в самих мышцах происходят такие процессы, которые могут влиять на скорость выполнения производственных операций и на частоту их повторения. Еще большее влияние оказывают особенности функционирования нервной системы.



Каждое трудовое действие является таким актом, который совершается в рефлекторной дуге. Поэтому особенности распространения возбуждения по рефлекторной дуге будут отражаться на временных параметрах трудовых действий. Важнейшей особенностью функционирования рефлекторной дуги является существование скрытого времени между моментом возникновения стимула и началом ответной двигательной реакции. Продолжительность скрытого времени ответных двигательных реакций входит, главным образом, в скорость выполнения ответных двигательных реакций.

По данным С. И. Горшкова (1963), продолжительность скрытого времени зависит от анализатора, через который осуществляется та или иная двигательная реакция, от состава нейронов, входящих в рефлекторную дугу, и свойств проводящих путей.

При выполнении ответной реакции, например на зрительное раздражение, скрытое время будет тем больше, чем дистальнее будет расположена та группа мышц, на которой заканчивается ответная реакция. В этом случае удлинение скрытого времени будет соответствовать удлинению двигательного нерва, по которому доходит до мышц сигнал, в точном соответствии со скоростью проведения возбуждения по нерву. Так, при выполнении ответной реакции на свет ногой скрытое время реакции удлиняется на 20—30 мс по сравнению с ответной реакцией рукой. Более выраженная разница в величине скрытого времени получается за счет разницы в месте нанесения сигнального раздражения. Так, скрытое время реакции на воздействие контактного тепла на область запястья будет на 200—300 мс больше, чем при нанесении контактного теплового воздействия на область плеча. Разница в скрытом времени для болевого раздражения при его нанесении на запястье и плечо будет составлять 50—100 мс. В обоих случаях удлинение скрытого времени происходит за счет удлинения пути проведения афферентного импульса от места нанесения раздражения до соответствующих центров головного мозга. Наибольшее удлинение скрытого времени наблюдается при реакции выбора, когда необходимо решать вопрос, на какой раздражитель необходимо реагировать. В этом случае удлинение скрытого времени составляет 100—300 мс.

Наряду с этим возможны и более быстрые ответные реакции. Уменьшение скрытого времени наблюдается



при реакции на раздражитель, о котором уже была предварительная сигнализация, и на раздражитель, за которым происходило слежение, например на движущуюся стрелку прибора или световой зайчик, когда реакция должна начаться при достижении движущейся стрелкой или световым зайчиком определенного положения. В обоих случаях ускорение составляет около 100 мс.

Таким образом, время ответной реакции может изменяться в больших пределах в зависимости от анализатора, который эту реакцию осуществляет, длины чувствующих и двигательных путей, характера сигнала, необходимости выбора сигнала, наличия предварительного сигнала и некоторых других особенностей обстановки, в которой ответная реакция осуществляется.

Мы разобрали мышечные и рефлекторные механизмы изменения скорости протекания ответной реакции. Однако следует иметь в виду, что процессы утомления, возбуждения или торможения, наличие внешних воздействий могут также оказывать заметное влияние на ответные реакции человека. Об этом будет специально говориться при разборе конкретных профессиональных ситуаций.

Время выполнения ответной реакции зависит также от того, в каком действии выражается эта ответная реакция и какой частью тела она выполняется. Эти данные приведены в табл. 19.

Таблица 19

Зависимость продолжительности ответной реакции от ее характера

Характер реакции	Минимальное время на ее выполнение, мс
Давление ладонью	330
Движение пальцами	170
Нажатие рукой	720
Сгибание и разгибание:	
руки	720
ноги	1330
Нажатие на педаль	720
Повороты, сгибание корпуса	2000
Ходьба (шаг)	700—1400



Большую роль в продолжительности двигательных реакций имеют их траектории (табл. 20).

Таблица 20

Затраты времени на движения в зависимости от длины траектории

Вид движения	Затраты времени, мс
Протянуть руку на расстояние, мм	
25	70
50	140
более 300	210
Установить предмет	
без точного положения	360
без точного положения с прижимом	720
с сильным прижимом	1800
в точное положение	550
в точное положение с прижимом	900
с сильным прижимом	2300
Передвинуть предмет за пределы 180°	210
Нажать на предмет	720
Сжать предмет пальцами	720
Взять предмет	
легкий и легко захватываемый	70
легкий, но трудно захватываемый	140
легкий, но среди других предметов (в зависимости от размеров)	300—800
Перехватить предмет пальцами	200
Переложить из одной руки в другую	200
Разъединить	
без усилия	180
с легким усилием	360
со значительным усилием	1100
Нажать	
носком ноги	360
ступней	720
Шаг в сторону без поворота	700—1400
Повернуть корпус	
в положении сидя	720
с шагом в сторону	700—1400



Вид движения	Затраты времени, мс
Нагнуться	1000
Разогнуться	1000
Сесть	1400
Встать	1800
Сделать шаг длиной 75—80 см	600

Примечание. Во всех этих примерах в указанную продолжительность не входит скрытое время реакции и учтено только время, идущее на непосредственное выполнение самого движения.

В дополнение к этим данным приведем результаты специальных опытов, выполненных в лаборатории эргономики Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР С. И. Горшковым, Г. И. Бархаш и Э. Ф. Шардаковой. В этих опытах изучалась зависимость продолжительности осуществляемых движений от количества суставов, участвующих в движении. Схема опытов показана на рис. 51. На рис. 51, А, под цифрой 1 схематически показаны суставы руки человека, где а означает указательный палец, б — кисть, в — предплечье, г — плечо и д — туловище. Этот рисунок показывает в то же время исходную позицию руки, при которой определялось исходное значение скрытого времени на свет или звук путем едва заметного нажатия указательным пальцем на ключ рефлексометра. Позиция 2 на рис. 51, А указывает, что в этом случае время реакции определялось при исходном положении указательного пальца в виде его максимального поднятия вверх с поверхности ключа рефлексометра. В позиции 3 исходным положением было максимальное поднятие вверх всей кисти, в позиции 4 — максимальное поднятие вверх всего предплечья, в позиции 5 — максимальное поднятие всей руки в плечевом суставе, в позиции 6 — максимальное поднятие всей руки в плечевом суставе с отклонением всего туловища назад. Время реакции во всех случаях определялось путем быстрого нажатия указательным пальцем на ключ рефлексометра.

На рис. 51, Б под цифрой 1 схематически показаны суставы ноги человека, где а означает большой палец



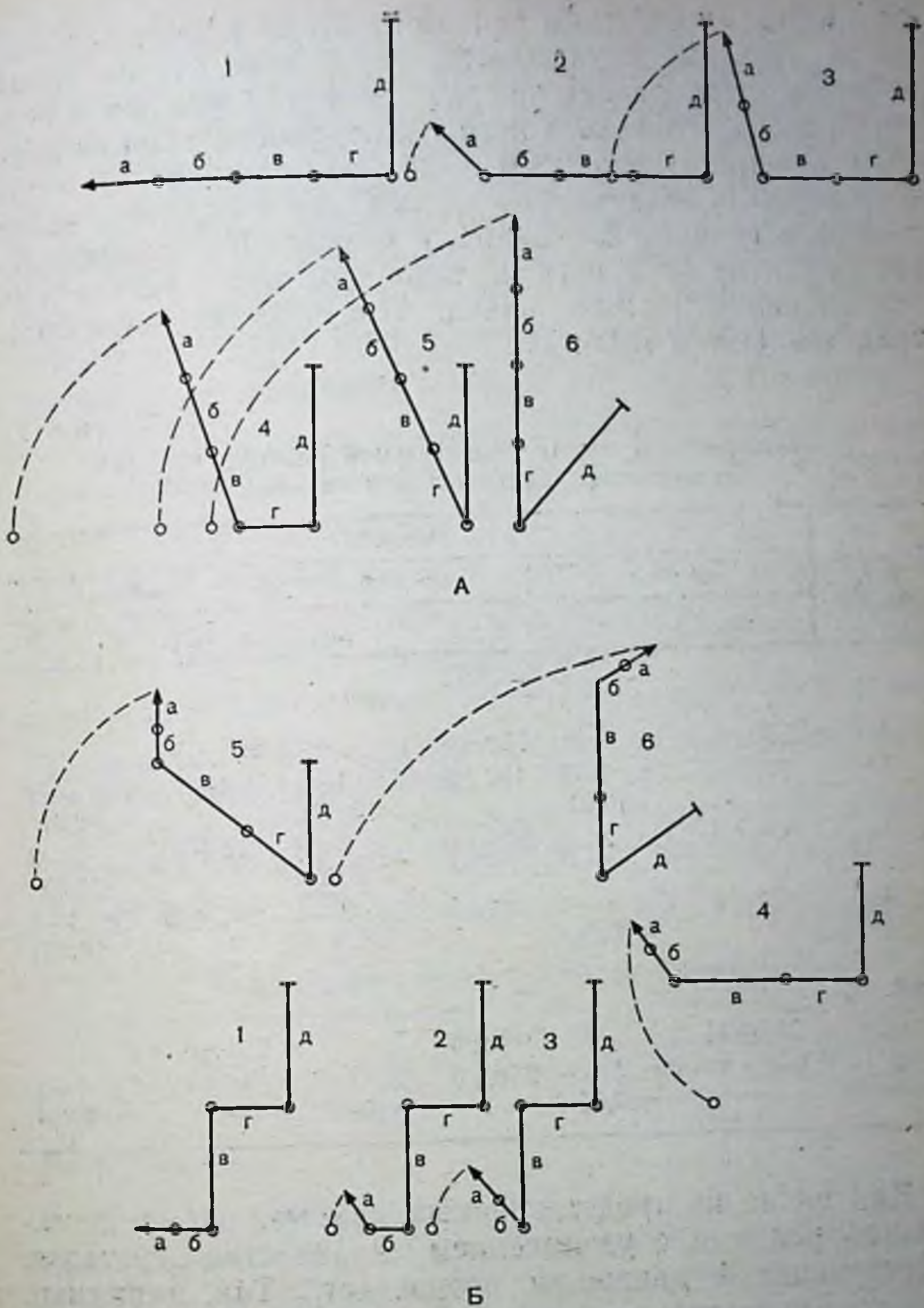


Рис. 51. Схема проведения опыта по изучению зависимости величины скрытого времени от длины пути сустава. Позиции 1—6 объяснены в тексте. Пунктиром показаны траектории движений. (А—Б).

ноги, б — стопу, в — голень, г — бедро и д — туловище. В положении 1 определялось исходное значение скрытого времени реакции на свет и звук путем едва замет-



ного нажатия большим пальцем ноги на ключ рефлексометра. Позиция 2 указывает, что в этом случае время реакции определялось при исходном максимальном поднятии большого пальца ноги с поверхности головки ключа, в позиции 3 исходным было максимальное поднятие всей стопы, в позиции 4 — максимальное поднятие вверх голени, в позиции 5 — бедра, в позиции 6 — максимальное поднятие всей ноги в тазобедренном суставе при отклонении туловища назад. Полученные результаты представлены в табл. 21.

Таблица 21

Зависимость времени двигательной реакции (в мс)  
от характера двигательного компонента

Позиции (см. рис. 51)	Реакции					
	на свет		на звук		выбора	
	$M \pm m$	$p$	$M \pm m$	$p$	$M \pm m$	$p$
<b>Рука</b>						
1.	$186 \pm 9$		$168 \pm 6$		$225 \pm 6$	
2.	$222 \pm 5$	Ср. 1—2 <0,01	$197 \pm 3$	Ср. 1—2 <0,001	$254 \pm 4$	Ср. 1—2 <0,01
3.	$239 \pm 4$	Ср. 2—3 <0,02	$217 \pm 6$	Ср. 2—3 <0,02	$275 \pm 9$	Ср. 2—3 <0,05
4.	$479 \pm 6$	Ср. 3—4 <0,001	$434 \pm 4$	Ср. 3—4 <0,001	$506 \pm 15$	Ср. 3—4 <0,001
<b>Нога</b>						
1.	$210 \pm 11$		$185 \pm 6$		$244 \pm 6$	
2.	$266 \pm 8$	Ср. 1—2 <0,01	$250 \pm 3$	Ср. 1—2 <0,001	$298 \pm 4$	Ср. 1—2 <0,001

Как видно из представленных данных, время двигательной реакции с увеличением количества суставов, участвующих в движении, возрастает. Так, например, поднятие указательного пальца руки увеличивает время реакции на 36 мс при реакции на свет, на 29 мс при реакции на звук и на 29 мс при реакции выбора, т. е. движение поднятого указательного пальца к головке ключа рефлексометра длится 29—36 мс. Увеличение времени реакции на движение кончика указательного пальца к головке ключа рефлексометра при максимально поднятой кисти при реакции на свет составляет 53 мс, при



реакции на звук — 49 мс и при реакции выбора — 50 мс, т. е. оно колеблется в пределах 49—53 мс. Удлинение времени реакции на движение кончика указательного пальца к головке ключа рефлексометра при максимально поднятом предплечье составляет при реакции на свет 293 мс, при реакции на звук 266 мс и при реакции выбора 281 мс, т. е. оно колеблется в пределах 266—293 мс. Если принять, что при максимальном поднятии пальца с головки ключа рефлексометра путь его движения составит 5 см, то на прохождение 1 см в этом случае будет затрачено  $\frac{29(36)}{5} = 6(7)$  мс. Если принять, что при максимально поднятой кисти путь движения кончика указательного пальца составит 8 см, то на прохождение 1 см в этом случае будет затрачено  $\frac{49(53)}{8} = 6(7)$  мс. И если принять, что при максимально поднятом предплечье путь движения кончика указательного пальца составит 40 см, то на прохождение 1 см в этом случае будет затрачено  $\frac{266(293)}{40} = 6(7)$  мс. Эти данные представляют, безусловно, большой интерес для эргономической оценки движений.

От продолжительности движений зависит возможная максимальная частота движения тех или иных суставов и частей тела (табл. 22).

Таблица 22

Максимально возможная частота движений

Характер движения	Максимальная частота в минуту
Давление ладонью	180
Движение пальцами	360
Нажатие рукой	80
Сгибание и разгибание	
руки	80
ноги	45
Нажатие на педаль	80
Повороты, сгибания корпуса	30
Ходьба (в зависимости от длины шага)	40—80



Разобрав все факторы, влияющие на продолжительность и скорость выполнения тех или иных двигательных реакций человека, мы можем обобщить все эти данные уравнением:

$$T_0 = t_p + t_{рд},$$

где  $T_0$  — общая продолжительность двигательного акта;  $t_p$  — скрытое время реакции;  $t_{рд}$  — время продолжения самого движения. Оба слагаемых могут быть до некоторой степени изменены, как об этом сказано выше, и это изменение есть тот резерв, который может быть использован в целях рационализации движений.

Из сказанного очевидно, что норматив количества допустимых повторяемых операций, предложенный НИИ труда, пока может рассматриваться только как грубо ориентировочный. Очевидно, что этот норматив не может быть единым, их должно быть несколько в зависимости от характера движений, применяемых при выполнении той или иной производственной операции. В то же время очевидно, что установление этого норматива — одна из неотложных задач эргономики.

### **Особенности информационного взаимодействия при обслуживании производственного оборудования**

Информационное взаимодействие оператора с обслуживаемой им машиной, являющейся источником производственной информации, как уже говорилось выше, складывается из восприятия, запоминания, переработки информации и формирования ответной реакции.

В восприятии информации большое значение имеет внимание, представляющее собой направленность сознания на определенный круг явлений или действий. Физиологической основой внимания является состояние возбуждения определенной группы центров и торможения соседних. В этом смысле физиологическая основа внимания очень близка к доминанте А. А. Ухтомского. При наличии выраженной доминанты возбудимость к восприятию определенной информации настолько высока, что она по существу становится избирательной. Спящая мать, не проснувшись от пушечных выстрелов, мгновенно просыпается от слабого плача ее больного ребенка.

Различают внимание произвольное, когда оно активно сосредотачивается на чем-либо, и непроизвольное,



когда возникновение какого-либо внезапного события привлекает наше внимание. К основным свойствам внимания относятся его устойчивость или рассеянность. Устойчивость внимания может быть длительной, как это бывает при интересной или легкой работе, или короткой — при неинтересной или тяжелой работе. Я. К. Рознер (1971) считает, что особенно важное значение имеет устойчивость внимания при выполнении операций по отысканию дефектов в пряже или ткани или контроль за аппаратурой на пульте управления электростанции. Выполнение таких операций может привести к снижению внимания или даже к тому, что обслуживающий персонал вообще засыпает на рабочем месте. При исследовании внимания операторов, следящих за появлением сигналов, установлено, что концентрация внимания, определяемая по количеству пропущенных, т. е. незамеченных, сигналов, явно снижается с 15-й минуты наблюдения и достигает минимального уровня примерно на 45-й минуте, после чего стабилизируется на этом низком уровне (около 25—35% незамеченных сигналов). Большое значение имеет и распределение внимания. Практика показывает, что при многостаночной работе, а также при работе водителей транспорта и диспетчеров требуется способность к распределению внимания на много объектов одновременно. Наряду с распределением имеет значение переключение внимания, когда оно специальными сигналами переносится с одного предмета на другой, как это бывает в работе оператора пульта управления.

На рис. 52 показан случай распределения и переключения внимания у летчика на учебном поршневом самолете (Платонов К. К., 1970). При этом, по данным Б. А. Якубова (1970), в одних и тех же условиях полета у более опытных летчиков число движений глаз и головы, а следовательно, и переключений внимания во много раз меньше, чем у менее опытных, что видно из табл. 23.

Таблица 23

Киносъемка глаз и движений человека в полете  
(Якубов Б. А., 1970)

Класс летчика	Продолжительность съемки	Число движений	
		глаз	головы
1-й	14 мин 08 с	12	5
3-й	17 мин 50 с	172	54



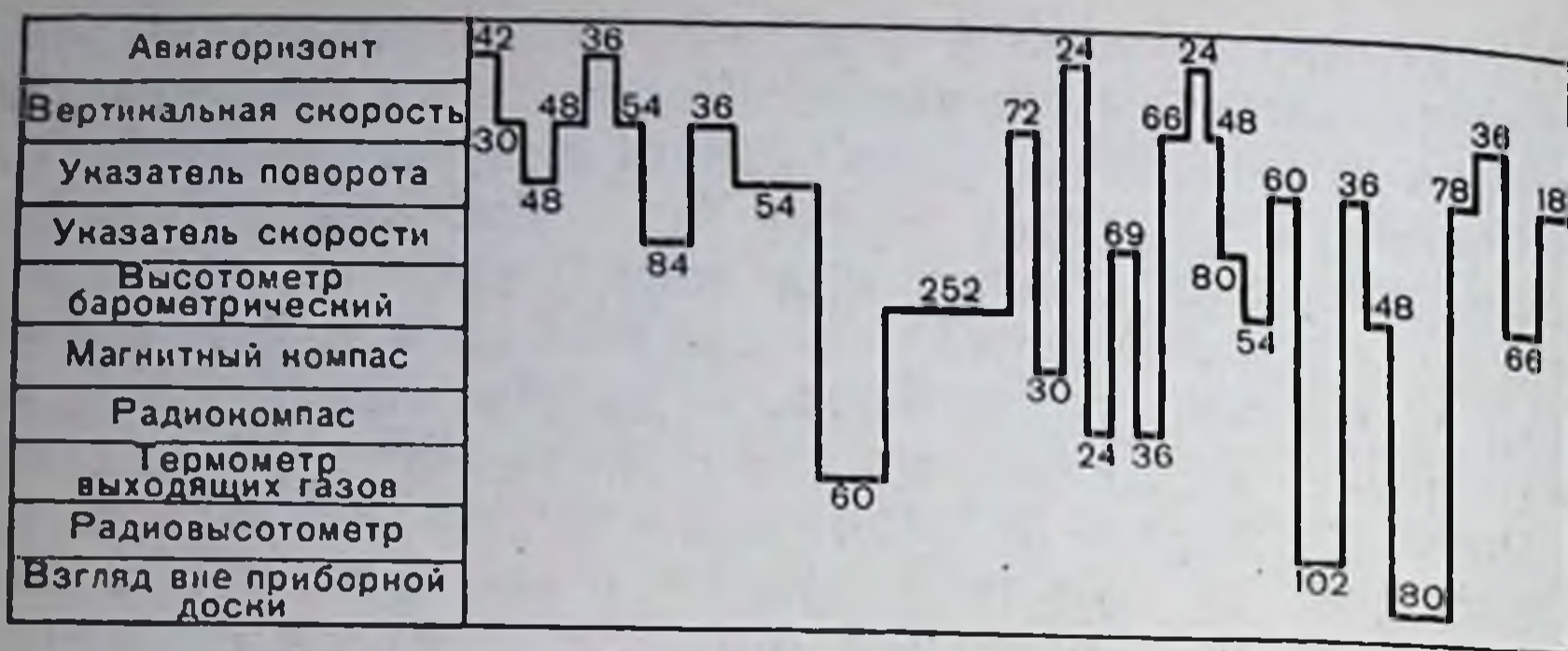


Рис. 52. Перенос взора летчика в горизонтальном полете. Цифры указывают время фиксации взора в сантисекундах (Ю. А. Петров, К. К. Платонов, А. Ф. Поспелов, 1954). Продолжительность наблюдения 30 с.

Большое значение имеет объем внимания, т. е. количество объектов, охватываемых вниманием одновременно. Исследования показали, что объем внимания может быть равен максимум 4—6 объектам, одновременно охватываемым вниманием. Однако для понимания того, что такое объект, большое значение имеет уровень грамотности. Для неграмотного — каждая буква слова представляет самостоятельный объект, а для грамотного объектом внимания будут не буквы, а целые слова.

Рассматривая человека как канал связи со стимулами на входах и ответами на выходах и анализируя реакции на стимулы с точки зрения скорости передачи информации известный английский психолог Миллер (Miller G. A., 1956) пришел к выводу, что объем непосредственного восприятия не зависит от количества информации в отдельном стимуле, а определяется длиной ряда предъявляемых единиц, предел которого составляет  $7 \pm 2$ . Это положение известно в психологии под названием закона Миллера. Многие авторы проводили измерения объема воспроизведения информации, используя двоичные цифры, десятичные числа, отдельные буквы алфавита, слоги, односложные, не связанные по смыслу слова, фигуры. Все они получили данные, не выходящие за пределы закона Миллера. При однократном предъявлении человек способен в среднем запомнить и воспроизвести 9 двоичных цифр, 8 десятичных чисел, 7 букв алфавита, 7 фигур, 5 односложных слов.

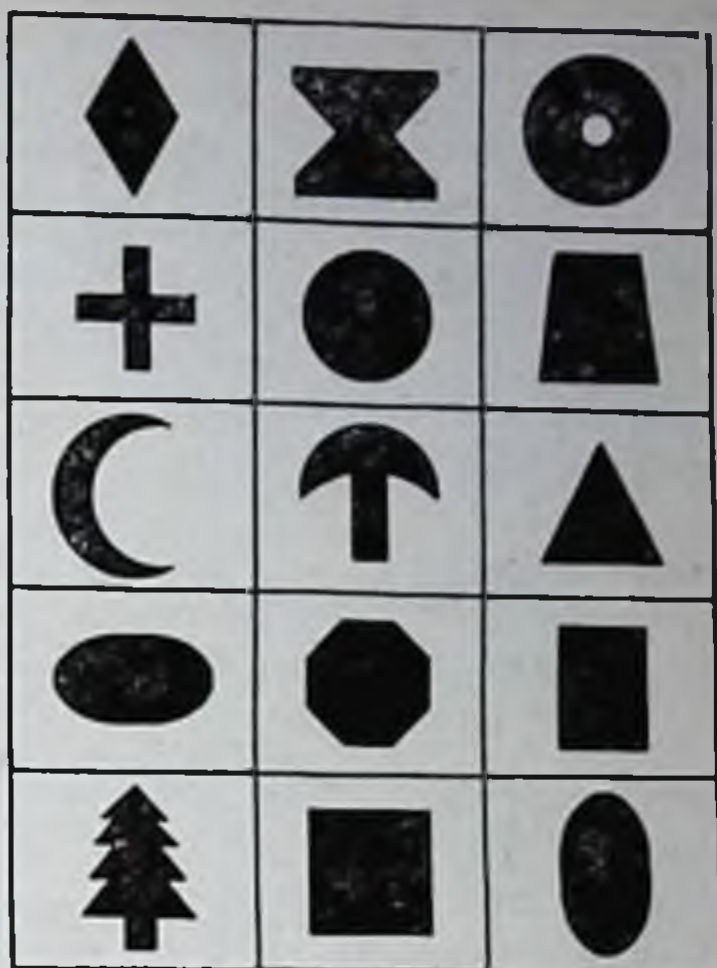


Представляло, однако, интерес выяснить, что же происходит тогда, когда ряд подаваемой информации выходит за пределы закона Миллера, и проследить динамику абсолютного и объем относительного воспроизведения информации при этом. Эта работа и была проделана С. И. Горшковым, Н. А. Кохановой и Л. А. Крастиной (1967).

В их работе были применены зрительные раздражения двух видов: отдельные, не связанные по смыслу слова и фигуры, которые объединялись в комплексы, начиная с 6 и кончая 30 словами и фигурами. Пример комплекса фигур и слов представлен на рис. 53.

Группе испытуемых из 5—8 человек последовательно показывались слова или фигуры одного комплекса и давалось указание запомнить их. Сразу после окончания показа все испытуемые записывали слова или зарисовывали фигуры.

Проведенные исследования показали, что в динамике абсолютного воспроизведения слов и фигур при разном их численном значении в комплексах имеется определенная закономерность. Безошибочно воспроизводится комплекс, состоящий не более чем из 5 слов или фигур. Уже при предъявлении комплекса из 6 стимулов в 13—17% случаев для слов и в 4—10% для фигур обнаруживается ошибка в их воспроизведении. С увеличением количества стимулов в комплексе эта ошибка растет, достигая при 15 словах максимального значения в 35—48% и при 15 фигурах — в 6—17%. При сравнении комплексов из одинакового количества слов и фигур видно, что количество воспроизведенных фигур всегда значительно



- |             |             |
|-------------|-------------|
| Минросноп   | Поезд       |
| Туман       | Геройство   |
| Люди        | Свобода     |
| Художество  | Номер       |
| Молоко      | Жизнь       |
| Источник    | Путешествие |
| Гипертония  | Станция     |
| Повторение  | Работа      |
| Продолжение | Линейность  |
| Совет       | Добродетель |

Рис. 53. Комплексы фигур и слов, применявшиеся в работе. Каждая фигура и слово экспонировались отдельно.



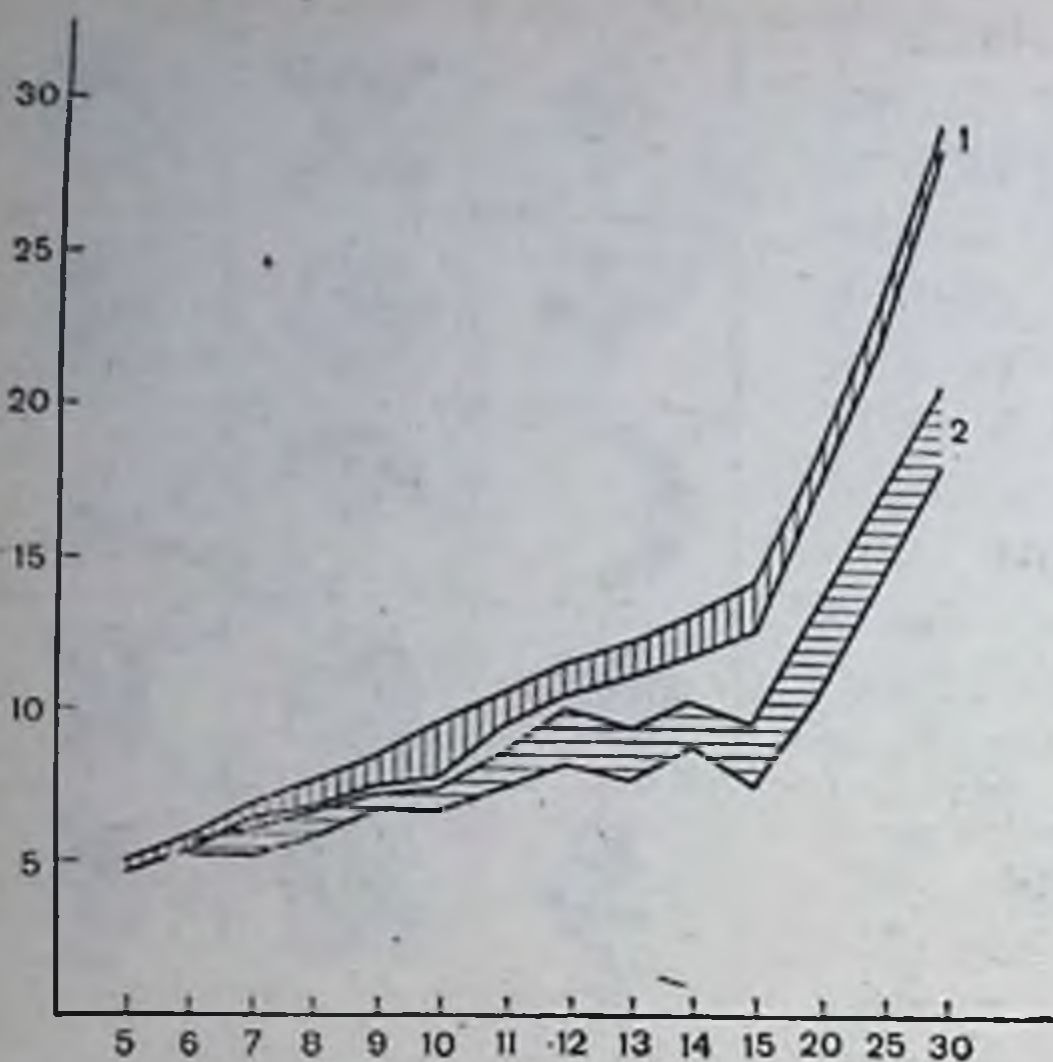


Рис. 54. Характер абсолютного воспроизведения слов и фигур при постепенном увеличении количества подаваемых сигналов.

1 — фигуры; 2 — слова. По оси ординат — количество правильно воспроизведенных элементов; по оси абсцисс — количество элементов в комплексе.

больше, чем слов. Начиная с комплекса в 15 стимулов, абсолютное воспроизведение как для слов, так и для фигур возрастает (рис. 54), достигая для слов при комплексе в 30 стимулов — 57—68% и для фигур — 95—98%. И в данном случае процент воспроизведенных фигур растет быстрее, чем процент воспроизведенных слов. Это может быть использовано при выборе способа подачи информации — наглядная фигурная информация запоминается лучше, чем написанная словами.

Анализ данных по относительному воспроизведению слов и фигур показывает, что оно имеет место даже при очень большом превышении предела абсолютного воспроизведения. Увеличение количества раздражений в комплексе как бы стимулирует объем воспроизведения информации. Возможность нашего мозга к получению и воспроизведению информации при большом ее объеме может быть с успехом использована как при обучении, так и при производственной деятельности. Ценность этого приема в значительной степени увеличивается в связи с возможностью уменьшения ошибок при повторных опытах с восприятием и воспроизведением большого количества зрительных раздражений.

Полученные данные об увеличении объема воспроизводимой информации с увеличением подаваемой информации могут найти применение в эргономической органи-



зации сигнальной информации на пультах управления и в технике безопасности.

В 1977 г. аналогичные данные были опубликованы С. И. Богаровой.

Для восприятия информации имеет значение время ее экспозиции, т. е. время ее воздействия на органы чувств человека до момента опознания. Как уже было сказано, это время определяется с помощью тахистоскопа (см. выше).

Кроме того, нами (Волкова И. М., Горшков С. И., Кулумбетов Б. М., 1975) изучался вопрос, какое значение для восприятия информации, для успешности выполнения зрительного поиска имеют общий объем отображения или количества цифровых знаков информационного поля, линейный размер отображенных цифр, характер, «стратегия» зрительного поиска. Для этого применялись разработанные нами квадратные цифровые таблицы (рис. 55) с тремя уровнями плотности: 5, 10, 25 сигналов-цифр, которые в свою очередь разделялись на три типа в зависимости от линейных размеров цифр — 5, 10, 15 мм. Информационное поле составлялось из четырех расположенных попарно (две вверху, две внизу) однотипных таблиц, поиск необходимых чисел осуществлялся в одном варианте свободно, в другом жестко последовательно по четырем квадратам-таблицам в отдельности.

Исследования позволили установить, что среднее время поиска (табл. 24), а также число ошибок достоверно возрастает с увеличением количества сигналов-цифр в информационном поле, следовательно, время и точность поиска являются функцией общего количества сигналов, объема информации в информационном поле.

Далее была обнаружена зависимость длительности и точности поиска от линейных размеров цифровых знаков в таблице, выражающаяся в возрастании скорости и точности поиска с увеличением линейных размеров знаков. Иными словами, была обнаружена зависимость указанных параметров от различительных признаков сигнала. Однако более значительное влияние оказывает количество сигналов в информационном поле. Так, если при уменьшении линейных размеров цифровых знаков в 3 раза время поиска увеличилось с 40,5 до 44,1 с (на 9%), то при увеличении количества знаков в 5 раз время поиска возросло с 13,8 до 44,1 с (на 300%) или в другом варианте с 10 до 40,5 с, т. е. в 4 раза.



54							
					38		
		49					
							56
37							

	24			85			
						35	
41			82				
						25	
		77					
	64			87		55	

					50		18
55				64		25	72
	17		70			33	
		21			42		28
	79					49	44
	91		20				35
38					40		
	82		31	27		41	32

Рис. 55. Таблица для определения зависимости скорости и точности информационного поиска от размера цифровых знаков и от их количества (каждая таблица отражает  $\frac{1}{4}$  часть информационного поля).



Таблица 24

Зависимость времени и точности информационного поиска от линейного размера сигналов, от их количества в информационном поле и от характера поиска

Количество сигналов в $\frac{1}{4}$ информационного поля	Линейные размеры знаков, мм	Поиск последовательно в каждой четверти информационного поля		Поиск свободный в общем поле	
		время, с	количество ошибок	время, с	количество ошибок
5	5	18,8	0,2	10,95	0,23
	10	13,2	0,1	10,2	0,10
	15	10,0	0,05	7,2	0,2
10	5	22,8	0,36	18,1	0,3
	10	21,9	0,30	15,6	0,0
	15	20,3	0,1	14,1	0,2
15	5	44,1	0,65	25,1	0,12
	10	42,2	1,13	34,8	0,52
	15	40,5	0,65	19,0	0,06

Точность и прежде всего скорость достоверно повышались при свободном поиске нужного сигнала в информационном поле, который оказался более эффективным. Скорость и точность приема информации в этих случаях в значительной мере зависят от «стратегии» восприятия, которая определяется главным образом маршрутом, последовательностью восприятия объектов, оптимизацией алгоритма. Организацию пространственно-временной последовательности обзора информационного поля следует рассматривать как одно из эффективных средств оптимизации техники ввода информации (Ломов Б. Ф.). На этом пути, видимо, заложены «скрытые резервы» увеличения «пропускной способности» оператора. Вместе с тем в тех случаях, когда деятельность оператора подчиняется жестким, однозначным предписаниям, создаются такие условия, при которых его возможности, его резервы не могут реализоваться.

К подобному выводу приходят немало исследователей. Так, W. Nacker (1972) провел интересное исследование, на основе которого он пришел к выводу, что проект деятельности должен разрабатываться так, чтобы



для оператора обеспечивалось, образно говоря, некоторое число степеней свободы в реализации этой деятельности. Косвенным подтверждением этого вывода являются данные западногерманской службы безопасности полетов, установившей, что одной из причин летных происшествий является «стандартизация мышления летчика» (Ломов Б. Ф., 1977).

Физиологические механизмы процесса восприятия тех или иных сигналов наиболее полно представлены П. К. Анохиным.

Представления об афферентном синтезе П. К. Анохина направлены на наиболее полное раскрытие восприятия информации и условий формирования условно-рефлекторной, в том числе трудовой деятельности. Еще И. П. Павлов считал афферентный отдел нервной системы центральным при формировании рефлексов. Превалирующая роль афферентной функции подтверждается также морфологическими данными, по которым количество афферентных волокон в 5—6 раз больше количества эфферентных. Такая обширная афферентная система обеспечивает получение организмом подробной информации о событиях как внутри, так и вне организма.

По значению для формирования поведенческих актов организма П. К. Анохин систематизирует различные афферентные воздействия следующим образом: он выделяет афферентации — обстановочную, пусковую, обратную. Под обстановочной афферентацией подразумевается совокупность всех внешних воздействий на организм в условиях складывания рефлекторной, в том числе и трудовой деятельности. По смыслу этой афферентации к ней должны быть отнесены санитарно-гигиенические условия труда на рабочем месте, организация самого рабочего места, вся производственная эстетика, рабочая поза и т. д. Все эти афферентные воздействия, образующие обстановку выполнения трудовой деятельности, существенно влияют на ее ход. Если за показатель работоспособности взять скрытое время слухо-моторной реакции, то сильный производственный шум может, например, резко удлинить его, в результате чего скорость выполнения трудовых операций будет значительно уменьшена. В таком же направлении может действовать неудобная рабочая поза. Так по данным С. И. Горшкова и Н. П. Калининой (1964), полученным при исследовании труда прядильщиц, неудобная рабочая поза при операциях



по ликвидации обрывов нити пряжи, выполняемых до 1,5—2 тыс. раз в смену, снижает силу станových мышц прядильщиц на 10—15% и выносливость на 20—30%.

Наоборот, наличие нормальных санитарно-гигиенических условий, соблюдение правил производственной эстетики, правильная организация рабочего места создают такую обстановочную афферентацию, которая способствует достижению наибольшего восприятия производственной информации и скорости выполнения трудовых операций при условии длительного сохранения высокой работоспособности. Так, например, применение ткачами антифонов с целью уменьшения на них действия шума ткацких станков приводит к уменьшению величины скрытого времени по сравнению с режимом до применения антифонов с 308 до 255 мс, с чем связано также ускорение выполнения производственных операций. К условиям, создающим благоприятную обстановочную афферентацию, относится также введение музыкальных передач.

С этой точки зрения характер обстановочной афферентации приобретает значение важного показателя санитарно-гигиенического состояния, производственной эстетики и подлинно научной организации труда. Отсюда следует, что установление обстановочной афферентации на уровне, благоприятствующем эффективному восприятию производственной информации и высокой работоспособности, является важной задачей физиологии труда и эргономики.

Вторым видом афферентации, входящей в афферентный синтез, является так называемая пусковая афферентация; под ней понимается стимул, который, вскрывая имеющуюся в центральной нервной системе структуру возбуждения, приводит к возникновению рефлекторного акта, а если речь идет о трудовой деятельности, то трудового акта. В трудовой деятельности пусковой афферентацией может быть команда, какой-либо сигнал, рефлекс на время и т. д. Исходя из того, что сила и выраженность рефлекторного акта зависят в большей степени от силы и выраженности афферентного пускового воздействия, то, регулируя последнее, можно в значительной степени регулировать и сам рефлекторный акт. Применительно к трудовой деятельности значение регулирования пусковой афферентации можно показать на следующих примерах. Если при выполнении каких-либо трудовых актов подавать ритмические дополнитель-



ные сигналы, например звуковые или световые, то они, входя в пусковую афферентацию, так воздействуют на процесс труда, что он, становясь более ритмичным, значительно облегчает выполнение работы, о чем можно судить по концентрации электромиограмм, т. е. по уменьшению продолжительности электрической активности работающих мышц. Такие данные приводились неоднократно, в частности, в работах С. А. Косилова, Н. Н. Хавкиной, З. М. Золиной и других исследователей.

В ряде экспериментов на производстве физиологи труда воздействовали на пусковую афферентацию тем, что специальными сигналами периодически сообщали о ходе выполнения производственного задания. Это также способствовало ритмичности труда, повышению его производительности. Известно также, что в тех случаях, когда пусковая афферентация выражается в виде какого-либо сигнала (световой, звуковой, появление очередной детали на ленте конвейера и т. д.), характер выполнения соответствующего трудового акта будет зависеть от разборчивости сигнала и от его силы. Так, добавление к появлению очередной детали на ленте конвейера дополнительного звукового или светового сигнала, способствует более слаженной работе на конвейере.

Известно также, что возникновение дополнительного светового сигнала на месте остановившегося ткацкого станка или в зоне обрыва нити на прядильной, оновальной и других машинах способствует более быстрой ликвидации обрыва нити и пуску станка в ход (Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974).

Можно привести еще много примеров большого значения пусковой афферентации и ее значения для выполнения рефлекторного, в том числе трудового акта.

В частности, наши исследования были направлены на изучение не только пусковой афферентации, но и дополнительной предпусковой афферентации в состоянии готовности центральных и нейромоторных структур, в эффективности деятельности, в информационном взаимодействии в системе «человек—машина» (Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974; Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974, 1976; Волкова И. М., Горшков С. И., Кулумбетов Б. М., 1975; Волкова И. М., 1977, 1978; Волкова И. М., Горшков С. И., 1978).

Автоматизация различных отраслей промышленности приводит к расширению сенсорных, психических функ-



ций в трудовой деятельности, связанной с наблюдением, ожиданием сигнала, информационным поиском и т. д. При этом необходимо поддержание состояния готовности к экстренным и эффективным действиям, которое является одним из ведущих факторов надежности системы «человек — машина».

Деятельность оператора была бы напряжена, неэкономна, если бы поддержание необходимой готовности осуществлялось длительно (путем неспецифической активации, обеспечивающей высокий уровень функциональной мобилизации). В связи с этим нами исследовался один из факторов, оптимизирующих психофизиологический режим, повышающих эффективность рабочих функций оператора, функциональный комфорт, — влияние дополнительной афферентации, обусловленной подачей стимулов, предшествующих пусковому сигналу (на 0,5—15 с). Кроме того, в данном временном диапазоне на испытуемых (используя комплекс «Nihon Kohden») изучалось оптимальное время предшествования дополнительного афферентного воздействия, а также то, каким образом состояние готовности, внимания как нервно-психический процесс отражается в электрической активности центральной нервной системы и нейромоторного аппарата.

Исследования показали, что включение в экспериментальную модель дополнительных стимулов (звук или свет), предшествующих пусковому сигналу при сенсомоторной деятельности, приводит к организации предпусковой настройки центрального и нейромоторного аппарата (рис. 56). Это преднастройка, готовность к действию нашла свое отражение в укорочении скрытого времени ответной двигательной реакции на 30—50 мс (рис. 57), в возрастании уровня активации (по данным ЭЭГ) преимущественно в прецентральной области, снижении его в височной, при одновременном увеличении суммарной энергии  $\delta$ -,  $\Theta$ -, менее  $\beta$ -ритмов и уменьшении  $\alpha$ -ритмов в затылочной области, в появлении интенционной ЭМГ-активности тонического типа в предпусковой фазе, в укорочении длительности биоэлектрической активности мышц правой руки, реагирующих на пусковой сигнал (рис. 58). При этом скрытое время предпусковой биоэлектрической активности указанных мышц отчетливо возрастает по мере увеличения интервала между предпусковым и пусковым стимулами (рис. 59). Однако



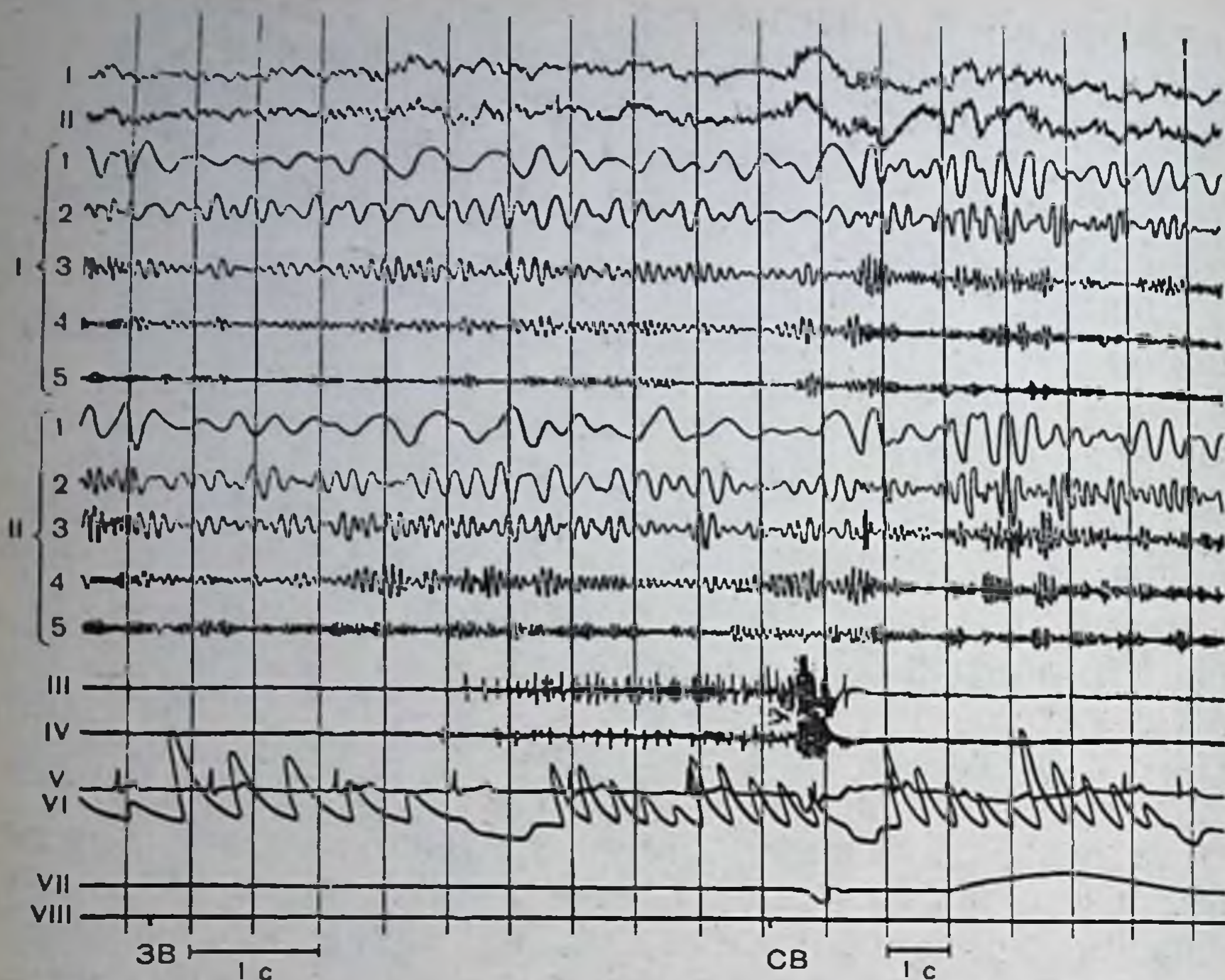


Рис. 56. Электрографическое выражение состояния готовности в предпусковом интервале.

I — ЭЭГ височной области левого полушария. II — ЭЭГ двигательной области левого полушария. I<sub>1</sub> —  $\delta$ , I<sub>2</sub> —  $\theta$ , I<sub>3</sub> —  $\alpha$ , I<sub>4</sub> —  $\beta$ , I<sub>5</sub> —  $\beta_2$  — основные ритмы ЭЭГ височной области. II<sub>1</sub> —  $\delta$ , II<sub>2</sub> —  $\theta$ , II<sub>3</sub> —  $\alpha$ , II<sub>4</sub> —  $\beta$ , II<sub>5</sub> —  $\beta_2$  — основные ритмы ЭЭГ двигательной области. III — ЭМГ сгибателя. IV — ЭМГ разгибателя указательного пальца правой руки. V — ЭКГ. VI — Интегральная биоэлектрическая активность. VII — КГР. VIII — отметка раздражителя. ЗВ — предварительный стимул. СВ — пусковой стимул.

между увеличением межстимульного интервала и скрытым временем ответной реакции такая прямая зависимость отсутствует. Вместе с тем с увеличением скрытого времени предпусковой ЭМГ-активности, которая как бы приурочивается к моменту пусковой реакции, параллельно возрастает амплитуда и частота осцилляций, свидетельствующих о том, что отставление интенционной реакции коррелирует с возрастанием ее интенсивности (табл. 25). Видимо, в данном случае включаются механизмы вероятностного прогнозирования событий, предвидения момента их совершения во времени, позволяющие снизить психофизиологическую напряженность, более рационально распределить внимание оператора, повысить функциональную эффективность.



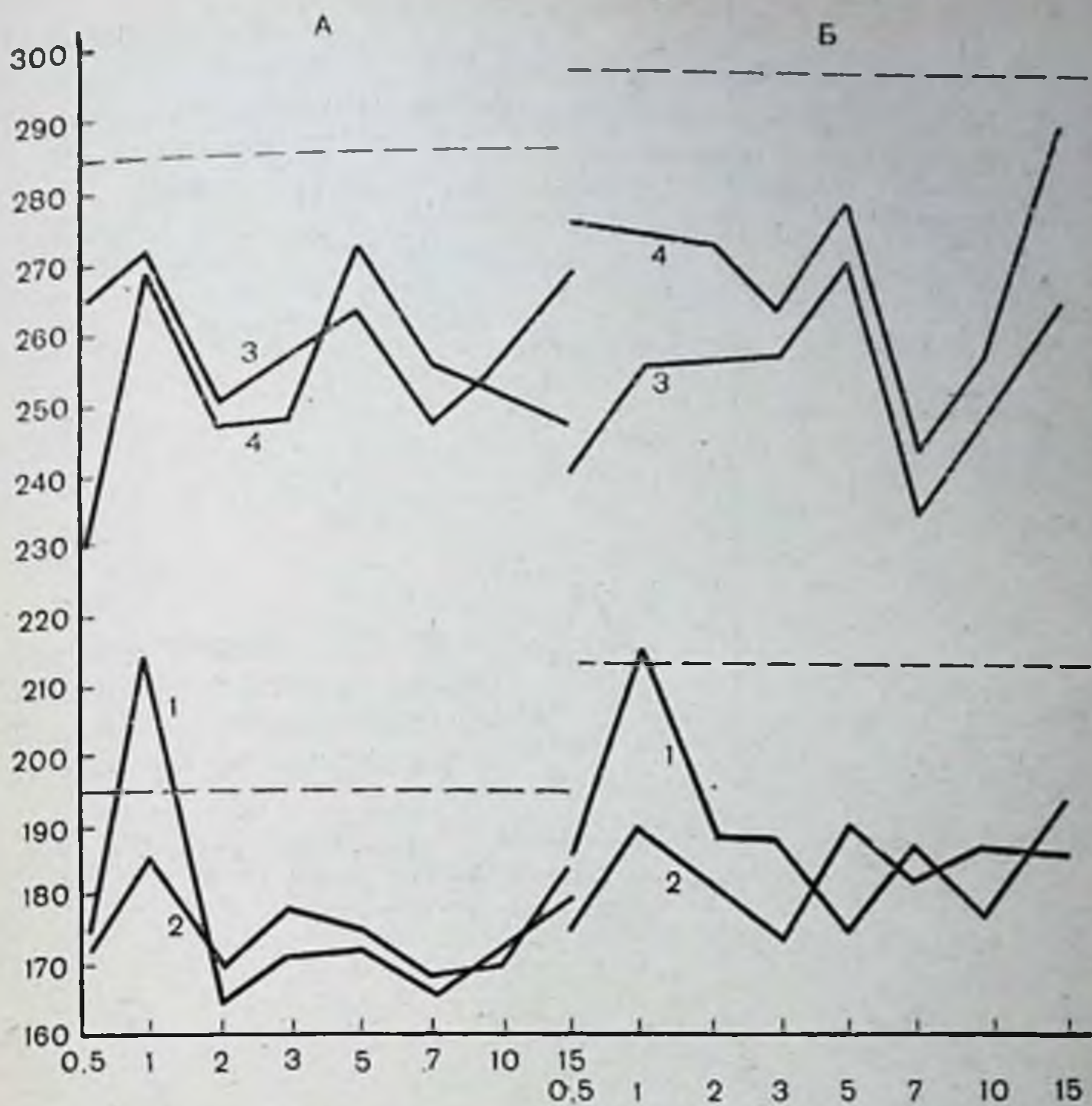


Рис. 57. Динамика скрытого времени ответной реакции сгибателя и разгибателя на пусковой одиночный стимул и на стимул с предпусковыми сигналами в зависимости от модальности сигналов и интервала между ними.

А — сгибатель; Б — разгибатель. 1 — свет — свет; 2 — звук — свет; 3 — звук — звук; 4 — свет — звук. По оси ординат — открытое время двигательной реакции, мс; по оси абсцисс — интервал между предпусковым и пусковым стимулами, с. В верхней части рисунка пунктирная линия — скрытое время на звук, в нижней части — скрытое время на свет.

Исследованиями показано, что уровень возбудимости корковых и нейромоторных структур, степень мобилизации функций зависят от величины интервала между дополнительным и пусковым стимулами и носят фазный характер. Наиболее оптимальными интервалами предшествования оказались для сгибателя 2 с, для разгибателя 3 с и для обеих мышц, осуществляющих функцию движения указательного пальца правой руки, 7 с, тогда как 1, 5 и 15 с оказались наименее оптимальными. При этом ответная реакция на свет была короче, на звук — длительнее.



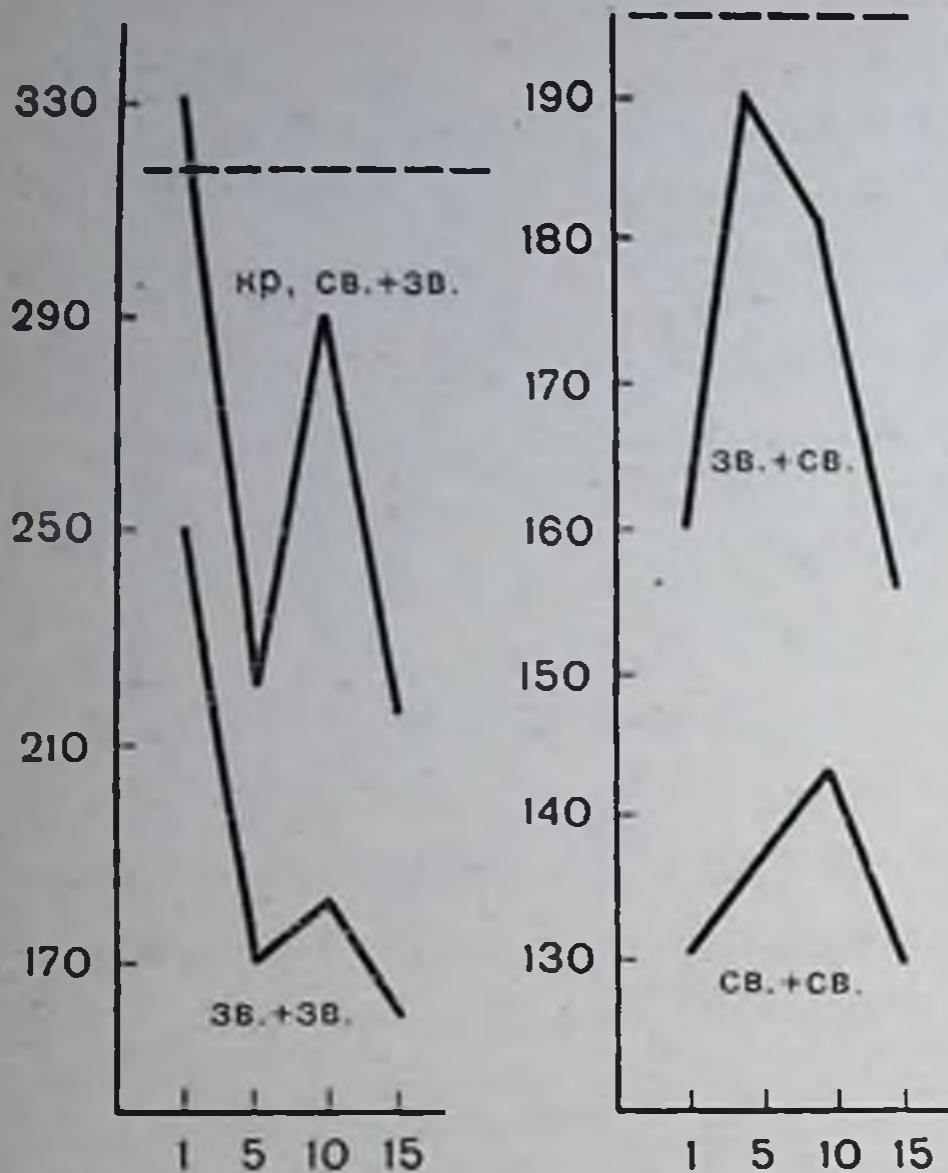


Рис. 58. Продолжительность ЭМГ ответной реакции разгибателя в зависимости от модальности сигналов и интервала между ними.

По ординате — продолжительность ЭМГ, мс; по абсциссе — интервалы между предупредительным и пусковым стимулами, с.

Рис. 59. Динамика скрытого времени интенции разгибателя в зависимости от модальности сигналов и интервала между ними.

1 — свет — свет; 2 — звук — свет; 3 — красный свет — звук; 4 — звук — звук.

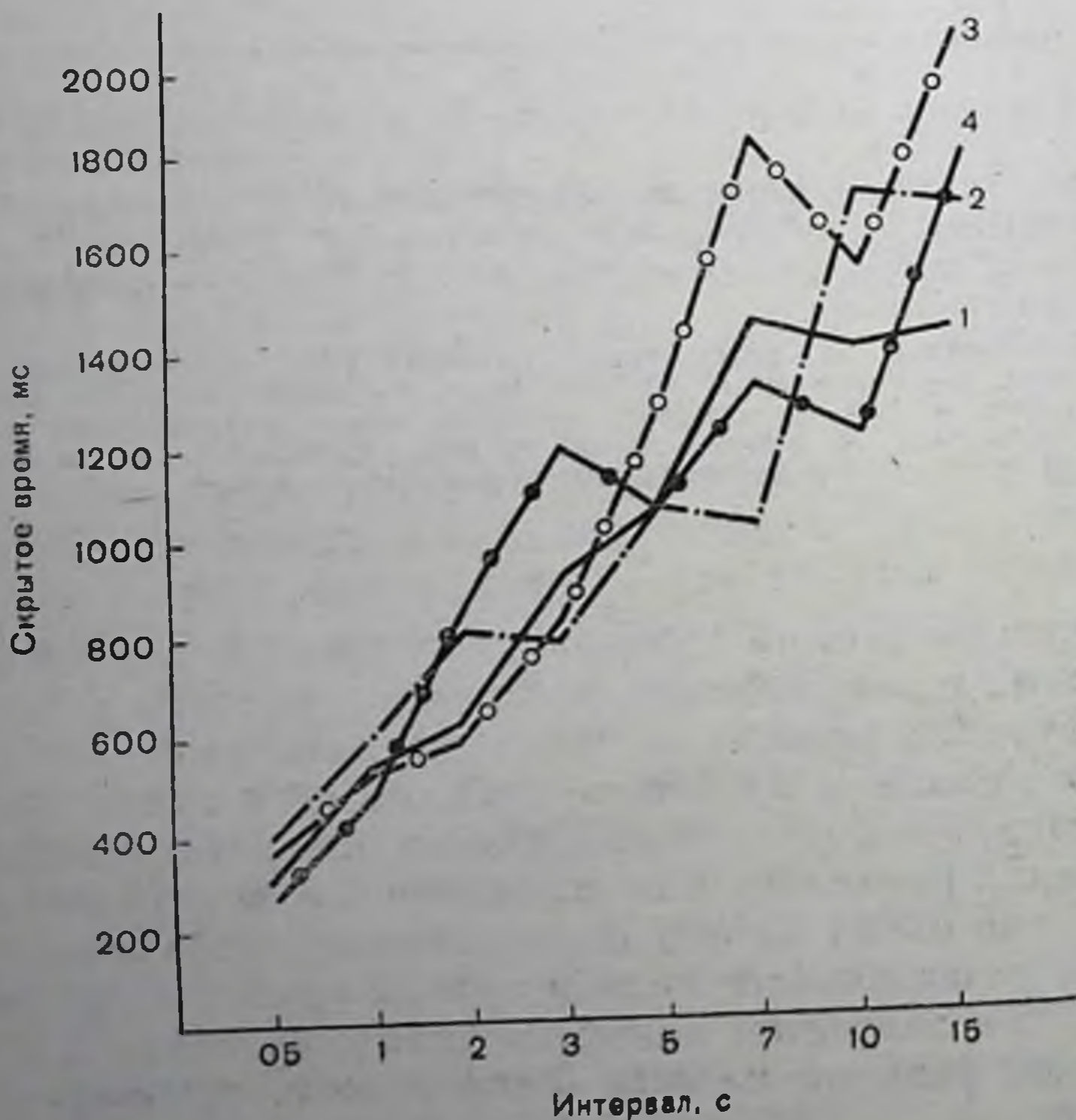




Таблица 25

Частота и амплитуда интенционной активности в зависимости от модальности стимулов и интервала между ними

Модальность	Интервал, с	Сгибатель		Разгибатель	
		амплитуда, мкВ	частота, с	амплитуда, мкВ	частота, с
Звук + звук	1	0	0	0	0
	5	6,3	24	6,0	20,8
	10	7,5	31	6,2	21,4
	15	10,0	34,0	7,6	26,2
Свет + свет	1	0	0	5,0	26,0
	5	6,0	20,6	7,0	28,6
	10	6,0	31,4	7,0	29,0
	15	0	0	6,3	30,0
Красный свет + звук	1	0	0	5,0	24,0
	5	7,0	25,2	8,0	28,8
	10	7,7	30,6	7,5	26,0
	15	9,0	31,0	12,0	38,0

Включение дополнительных сигналов при другом, более сложном типе деятельности — информационном поиске — приводит к сокращению времени поиска в среднем на 1,2—1,5 с (20—25%) и допущенных при этом ошибок на 56—78%, т. е. в 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—4 раза. При этом оказалось, что оптимальное время предшествования дополнительного сигнала составляло 5 с и менее приемлемое — 10 с (табл. 26). Следовательно, при разных видах деятельности величины оптимальных интервалов «ожидания» различны и, видимо, специфичны для каждого типа деятельности.

Мы полагаем, что наблюдаемая фазная деятельность отражает фундаментальную биологическую закономерность, где характер сдвигов в реакциях организма обусловлен количественными изменениями, в данном случае временем «ожидания», тогда как модальность, специфичность стимула определяет уровень, абсолютную величину реагирования.



Динамика изменения времени зрительного поиска и ошибок по таблице Грюнбаума при воздействии дополнительной афферентации и без нее

Регистрируемые показатели	Без дополнительной афферентации	С влиянием дополнительной афферентации					
		за 5 с			за 10 с		
		$M \pm m$	T	p	$M \pm m$	T	p
Время поиска, с	$6,33 \pm 0,24$	$4,87 \pm 0,36$	3,3	$\leq 0,02$	$5,14 \pm 0,50$	2,2	$\leq 0,05$
Ошибки	$8,86 \pm 2,21$	$2,00 \pm 0,56$	3,0	$\leq 0,02$	$4,00 \pm 0,60$	2,2	$\leq 0,05$

При поиске, выполнении предъявленного задания происходит сложная перестройка ЭЭГ-ритмов в различных областях мозга. Нами выявлены однонаправленные изменения биоэлектрической активности лобных (наиболее выраженные) и затылочных отделов головного мозга, проявлявшиеся в том, что при выполнении предъявленного задания электрическая активность протекала на более высоком интегральном уровне, за исключением  $\alpha$ -ритма, уровень которого снижался. В то же время в прецентральной области, отличающейся по направленности сдвигов, угнетались не только  $\alpha$ -, но и  $\beta_1$ -,  $\beta_2$ -ритмы при одновременном увеличении суммарной энергии  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов. Это можно рассматривать как признак снижения функциональных возможностей, снижения возбудимости в прецентральной области, не имеющей отношения к регуляции сложной умственной деятельности, и увеличения активации прежде всего в лобных и затем затылочных отделах коры больших полушарий, принимающих непосредственное участие в сенсорно-психической деятельности, в реализации логических операций.

При подаче предварительного (предпускового) сигнала в стадии готовности такая резкая разница в направленности изменения ЭЭГ-ритмов в исследуемых областях не была обнаружена. При этом в прецентральной области также наблюдалось повышение активации, так как по условиям эксперимента нейромоторный аппарат также приводился в состояние готовности, что проявлялось на ЭМГ в виде интенционной, тонической активности. Для стадии готовности, мобилизации центральной нерв-



ной системы характерно повышение суммарной электрической активности основных ритмов ЭЭГ, кроме  $\delta$ -ритма, тогда как в стадии наиболее эффективного поиска интегральный уровень  $\delta$ -ритма также возрастал. Оказалось, что направленность изменений  $\delta$ -ритма в стадии готовности и стадии информационного поиска была противоположной. Возможно, в данном случае  $\delta$ -ритм отражает информационный компонент психического акта, несет информационную нагрузку.

Обращает на себя внимание, что при наиболее успешном информационном поиске (при предшествовании дополнительного сигнала за 5 с) интегральный уровень суммарной энергии анализируемых частот выше, чем в состоянии готовности, а при менее успешном (интервал предшествования 10 с) ниже. Кроме того, при наиболее эффективном, равно как и при более сложном поиске интегральная величина суммарной энергии основных частот (особенно  $\delta$ -,  $\Theta$ - и  $\beta$ -ритмов) возрастала значительно, чем при менее эффективном или более простом.

И последнее, если при более успешном поиске уровень активации повышался как в лобных, так и в затылочных областях, то при менее успешном повышению его было характерно только для лобного отведения, тогда как в затылочном уровне активации снижался. По-видимому, в последнем случае когерентность в потенциалах лобной и зрительной областей коры значительно уменьшалась, особенно по ритмам  $\beta$ - и  $\Theta$ -диапазона.

Подчеркнутая связь более высоких значений  $\Theta$  и особенно  $\delta$ -ритмов на фоне выраженной высокочастотной  $\beta$ -активности с наибольшей успешностью, продуктивностью поиска дает основание предположить, что такое увеличение отмеченных ЭЭГ-составляющих является коррелятой эффективной умственной деятельности (Волкова И. М., 1977).

Кроме того, было показано, что и при другом типе деятельности, с превалированием высших психических функций, уровень активации корковых структур, степень готовности функций также зависят от величины интервала между дополнительным и пусковым стимулами.

К раскрытию механизма состояния готовности, обусловленного влиянием дополнительной афферентации, его функциональной структуры можно подойти с точки зрения теории функциональной системы П. К. Анохина



(1968, 1975). Согласно этой теории, в интервале между стимулом, «запускающим» какую-либо деятельность, например информационный поиск, и ответной реакцией, т. е. завершением поиска, должны происходить процессы афферентного синтеза (предрешения) и принятия решения, которые носят системный характер и требуют не последовательной, а именно одновременной активности элементов, принимающих участие в этих процессах. При этом афферентный синтез мыслится как конвергенция разнородных информационных на одних и тех же интегративных нейронах. Особенно интересна эфферентно-афферентная конвергенция, которая, как оказалось, играет важную роль в предвидении результата деятельности (Анохин П. К., 1974). Активность на выходе этих клеток отражает в переработанном виде специфическую интеграцию афферентных влияний. Так, предварительный стимул (информация 1), изменяя настроенность нейронов в сторону повышения возбудимости, повышая реактивность нейрональных систем, способствует более успешному осуществлению афферентно-эфферентной интеграции; далее пусковой стимул (информация 2) «запускает» ту или иную систему взаимоотношения между различными структурами, уже существующую до его действия, как «предпусковая интеграция» (Анохин П. К., 1949; Шумилина А. И., 1965, 1970).

Таким образом, полученные нами результаты дают основание полагать, что состояние готовности к деятельности, «ожидание», связано с повышением реактивности нейрональных систем, способствует успешному осуществлению афферентно-эфферентной интеграции, а также могут быть использованы для разработки критериев оценки функциональной мобилизации, психического напряжения.

Мы полагаем, что полученные данные по динамике кортикальных ЭЭГ-ритмов, ЭМГ-активности работающих мышц, а также успешности выполнения различных видов деятельности и их взаимосвязи как без дополнительной афферентной стимуляции, так и при ее влиянии позволяют подойти к объективной оценке функциональной структуры анализируемых типов деятельности, к раскрытию механизмов состояния готовности и эффективности работы оператора.

Наши лабораторные исследования были проверены и подтверждены в производственных условиях, где воздей-



стве дополнительной афферентации, обусловленное включением сигналов, информирующих о нарушениях в технологическом режиме, приводило к быстрой мобилизации функций, ускорению выполнения производственных операций, уменьшению общего уровня нервно-эмоциональной напряженности, повышению функционального комфорта и эффективности труда на 12—18%.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости широкого внедрения дополнительной сигнализации при организации рабочих мест, проектировании оборудования в различных отраслях промышленности для повышения надежности системы человек — машина, увеличения производительности труда.

Не меньшее значение в раскрытии физиологических механизмов восприятия информации имеет последнее звено афферентного синтеза — обратная афферентация, под которой понимается совокупность приспособлений, с помощью которых организм получает информацию о степени соответствия выполнения рефлекторных, в том числе и трудовых актов, их целевому назначению. П. К. Анохин придает большое значение поэтапному осуществлению обратной афферентации, учитывая, что сама рефлекторная реакция, в том числе и трудовая, осуществляется не за один прием, а в виде последовательных действий.

С точки зрения поэтапной обратной афферентации наши представления о так называемых цепных рефлексах должны быть пересмотрены. Рассматривая какое-либо трудовое действие, состоящее из ряда последовательных операций (актов), мы трактовали его обычно как цепной рефлекс, в котором окончание одной операции является стимулом для начала другой операции. Однако в таком представлении нет существенного элемента — обратной афферентации об окончании каждого звена, без которой следующее звено начинаться не может. С этой точки зрения подробный разбор цепного рефлекса, например прыганья через барьер, сделанный профессором А. И. Крестовниковым (1954), должен быть дополнен обратной афферентацией об окончании каждого предыдущего движения, входящего в этот прыжок.

Что такая поэтапная афферентация действительно существует, можно показать на примере, приведенном Н. В. Зимкиным (доклад на 5-й Конференции по физио-



логии труда, 1967). Разбирая простую операцию нажима на ключ по периодически повторяемому звуковому щелчку, он обнаружил, что нажатие на ключ или опережает щелчок, или запаздывает в сравнении с ним. Здесь значение поэтапной обратной афферентации точно видно, потому что совершившееся опережение или запаздывание сразу же корректирует интервал времени до следующего нажатия. А эта корректировка может быть осуществлена только за счет мгновенно срабатывающей обратной афферентации.

Примеры значения в трудовой деятельности различных видов афферентации и афферентного синтеза в целом, разработанных П. К. Анохиным, подчеркивают значение правильного понимания физиологических механизмов, развертывающихся в трудовой деятельности и в процессе восприятия производственной информации. С другой стороны, учет значения видов афферентации и афферентного синтеза в целом и подбор их особенностей позволяют в известных пределах регулировать осуществление трудовых актов, облегчать их, создавать условия сохранения высокой работоспособности на длительный период. Такое применение представлений об афферентном синтезе придает им значение фактора регулирования трудовой деятельности, в связи с чем открываются более широкие перспективы использования афферентного синтеза в процессе работы физиологов труда и эргономистов.

Большое значение для понимания роли информационного взаимодействия в трудовой деятельности имеют представления Э. А. Асратяна<sup>1</sup> о переключателях и тонических рефлексах. Суть этих представлений заключается в следующем. В процессе работы с условными рефлексами было открыто, что один и тот же условный раздражитель может иметь разное информационное значение в зависимости от условий его применения. Так, метроном 120, применяемый утром при пищевом подкреплении, будет являться условным пищевым раздражителем, но, применяемый во второй половине дня с болевым подкреплением, он будет условным оборонительным раздражителем. В этом случае изменение информационного значения рефлекса, т. е. его переключение, оп-

---

<sup>1</sup> Асратян Э. А. Лекции по некоторым вопросам нейрофизиологии. /Изд. АН СССР, 1959.



ределяется временем дня его осуществления — утром он пищевой, вечером оборонительный. Переключение может быть вызвано и любым другим условием среды, например самим экспериментатором и т. д., причем это условие среды получило в концепции Э. А. Асратяна название «переключателя».

Все мы, например, знаем, что звонок учреждения, где мы работаем, имеет разное значение в зависимости от времени его подачи: утром он настраивает нас на работу, в конце дня на быстрое завершение и переход к делам, не связанным с работой, здесь переключателем является время подачи звонка.

Оценивая физиологическое значение переключателей как раздражителей, Э. А. Асратян выделяет их из пусковых раздражителей в особую группу, основной особенностью которых является длительное, или, как называл Э. А. Асратян, тоническое, действие. В практике физиологии труда и эргономики переключатели или тонически действующие раздражители встречаются очень часто, чему можно привести ряд примеров.

Наиболее типичным примером переключателя, тонического раздражителя для человека является предварительная инструкция. Раз объявленная, она потом действует в течение неопределенно долгого промежутка времени, практически до ее отмены.

Заслуга Э. А. Асратяна заключается в том, что он и его сотрудники изучили физиологические механизмы выработки переключателей и особенности осуществления тонических рефлексов, что в значительной степени позволяет понять значение переключателей (в частности, инструкции) в механизмах восприятия производственной информации и в трудовой деятельности.

Необходимо указать, что все наши сенсомоторные реакции, в том числе зрительно-моторная и слухомоторная, являются примером реакции по инструкции. Хотя инструкция, применяемая в этих случаях, очень проста и заключается в указании «поднять палец с ключа, когда вы увидите световое, услышите звуковое или почувствуете какое-либо другое раздражение», тем не менее она является примером тонического, т. е. длительно действующего, раздражителя, который хотя сам и не вызывает ответной реакции, но без которого взятый сам по себе световой, звуковой или какой-либо другой раздражитель тоже не вызывает ответной реакции.



Физиологический механизм тонического раздражения был раскрыт Г. Т. Сахиулиной из лаборатории Э. А. Асратяна. Оказывается, что в той области коры, куда направлено действие тонического раздражителя, возникает повышенная биоэлектрическая активность. Возникновением очага возбуждения можно, по-видимому, объяснить как механизмы переключения и тонического действия, так и ранее указанный факт резкого укорочения скрытого времени при реагировании на пересечение движущейся стрелкой определенного пункта на шкале прибора или вообще на движущийся световой раздражитель.

Учет физиологического механизма переключателей и тонических раздражений, раскрытых Э. А. Асратяном и играющих большую роль в трудовых действиях по инструкции, позволяет с большим пониманием рассматривать целую категорию трудовых актов и физиологические механизмы восприятия информации.

В изучении физиологических механизмов информационного взаимодействия конечным звеном является механизм формирования ответных реакций человека. При первом подходе к выяснению вопроса необходимо иметь в виду, что в основе этого механизма находится обратная афферентация. Так, еще А. Ф. Самойлов (1930) указывал на то, что при письме, пока человек держит карандаш и пишет, из спинного мозга к мышцам руки бегут двигательные импульсы, а в то же время от чувствительных окончаний, заложенных в мышцах, по нервам к спинному мозгу идут импульсы в порядке рефлекторной обратной связи, контролирующей мышечную иннервацию. По представлениям С. А. Косилова (1938, 1954, 1955, 1957, 1965), обратные связи при выполнении рабочих действий контролируются сознательно, согласно имеющемуся у оператора представлению о цели труда и о правильных, наиболее эффективных путях ее достижения. Кроме того, операторы руководствуются при этом находящимися ниже порога сознания раздражениями органов чувств. Эти раздражения позволяют операторам достигать высокой точности рабочих движений. Нервные процессы в коре больших полушарий, составляющие физиологическую основу этих представлений и неосознанных корректирующих раздражений, обозначены С. А. Косиловым понятием «интегральный образ рабочих действий». По мнению С. А. Косилова, интегральный образ рабочих действий отличается от введенного в науку

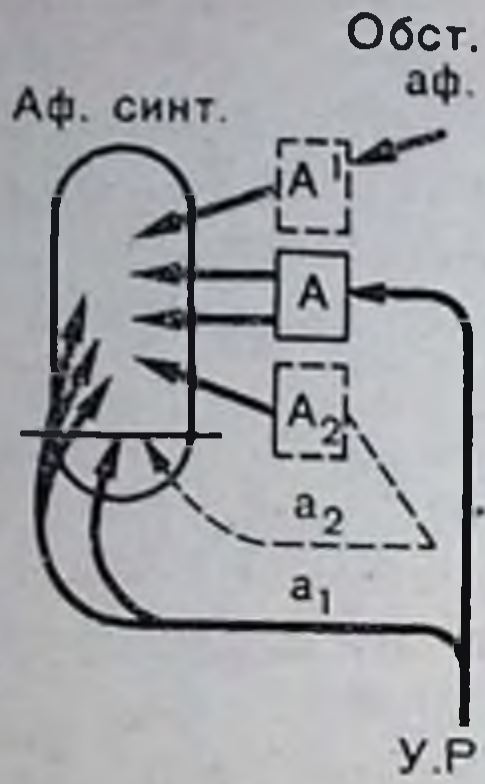


А. А. Ухтомским (1923) понятия интегрального образа тем, что включает представление о цели труда и участвует в кольцевом рефлекторном цикле второй сигнальной системы. Интегральный образ рабочего действия определяет акты общественного трудового поведения, в то время как интегральный образ в представлении А. А. Ухтомского определяет инстинктивные поведения животных и человека.

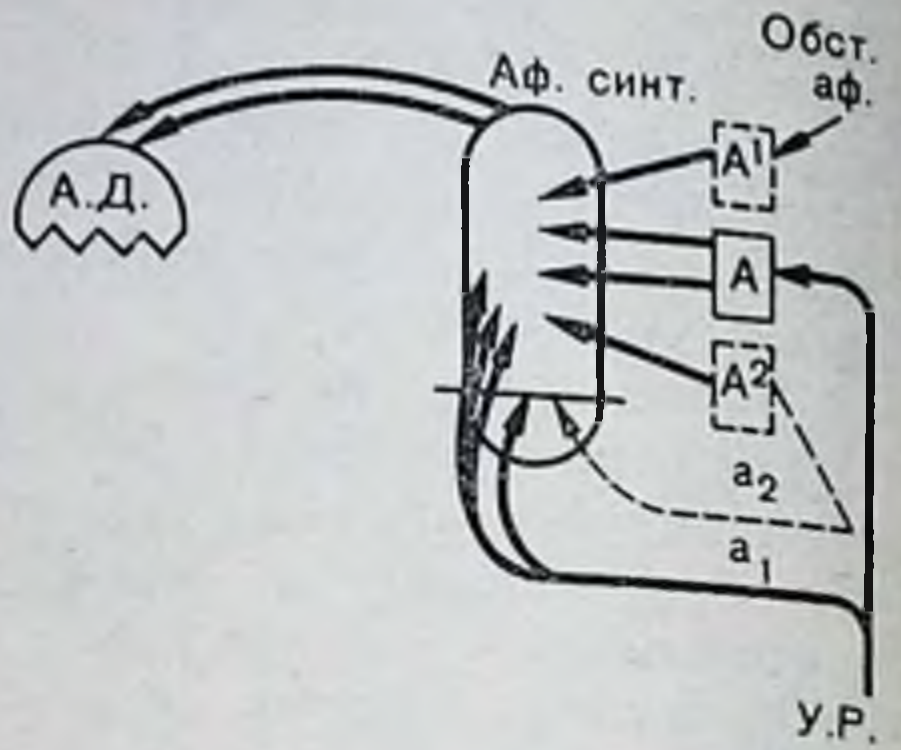
Более полно механизм складывания ответной реакции был разработан П. К. Анохиным в его теории функциональной системы, развитой им еще в 1935 г. в книге «Проблема центра и периферии в физиологии нервной деятельности». Понятием функциональной системы П. К. Анохин обозначил тот высокий принцип интегрирования частных механизмов, который необходим для понимания целостной организации формирования нервной деятельности. В основе функциональной системы лежат изложенные выше представления П. А. Анохина об афферентном синтезе и связанные с ним представления об акцепторе действия. Понятие акцептора действия является, по мнению П. К. Анохина (1968), тем узловым механизмом функциональной системы, который лежит в основе принятия решения, т. е. в формировании ответной реакции на поток информации. Принятие решения, по мнению П. К. Анохина, является логическим процессом функциональной системы, но в то же время оно является результатом вполне определенных физиологических процессов. Суть этих процессов состоит в том, что организм неизбежно должен произвести выбор одной единственной возможности поведения (реагирования) из многочисленных возможностей, которыми он располагает в каждый данный момент. При любых условиях организм имеет возможность выбрать вполне определенный акт и исключить все остальные потенциальные возможности. Применительно к мышечной системе этот процесс был обозначен А. А. Ухтомским (1945) как «устранение избыточных степеней свободы». По мнению П. К. Анохина, физиологический смысл «принятия решения» в формировании поведенческого акта заключается в том, что: 1) принятие решения является результатом афферентного синтеза; 2) принятие решения освобождает организм от большого количества степеней свободы и тем самым способствует формированию интеграла эфферентных возбуждений: необходимых и имеющих приспособительный смысл для



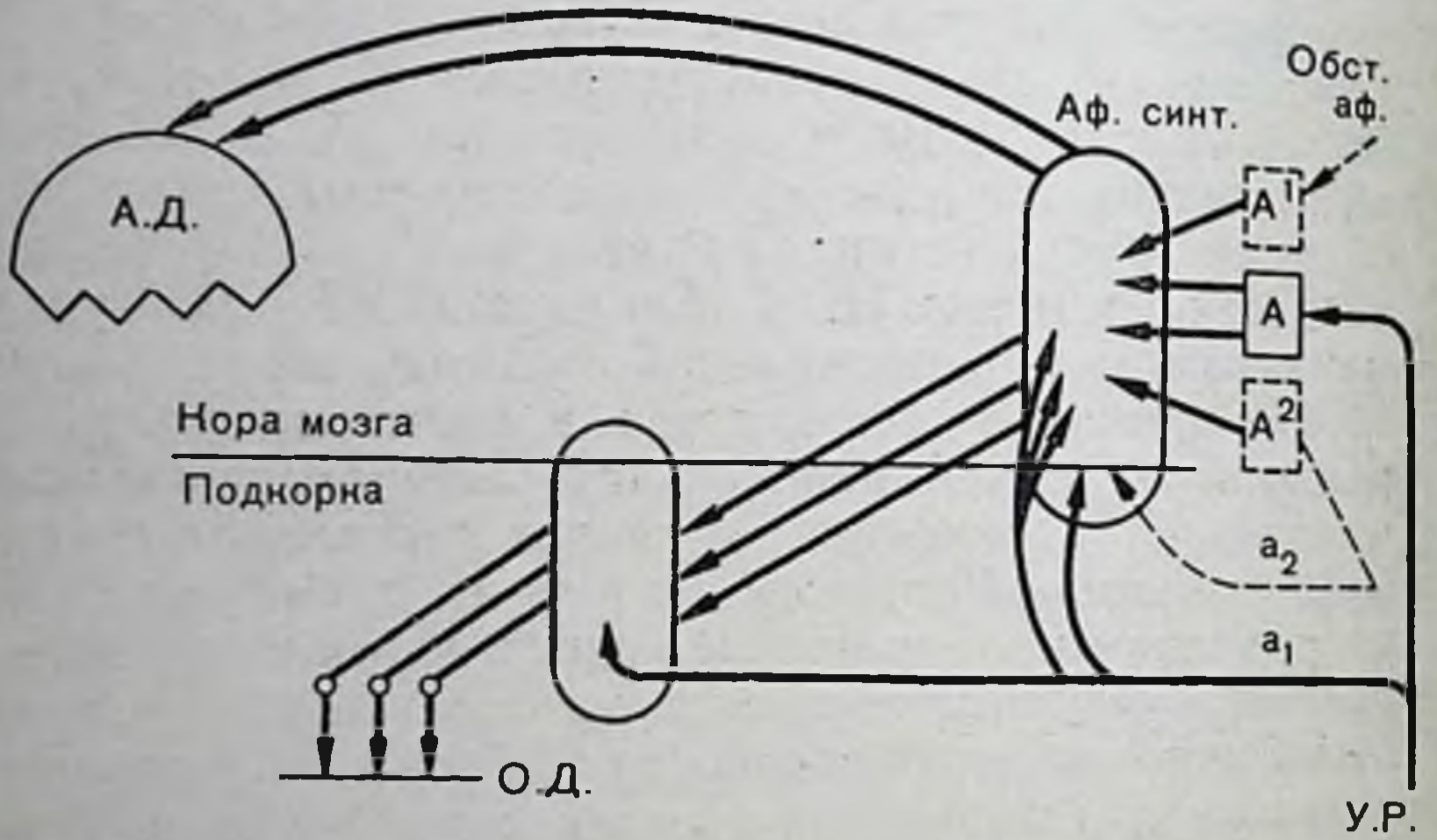
I стадия



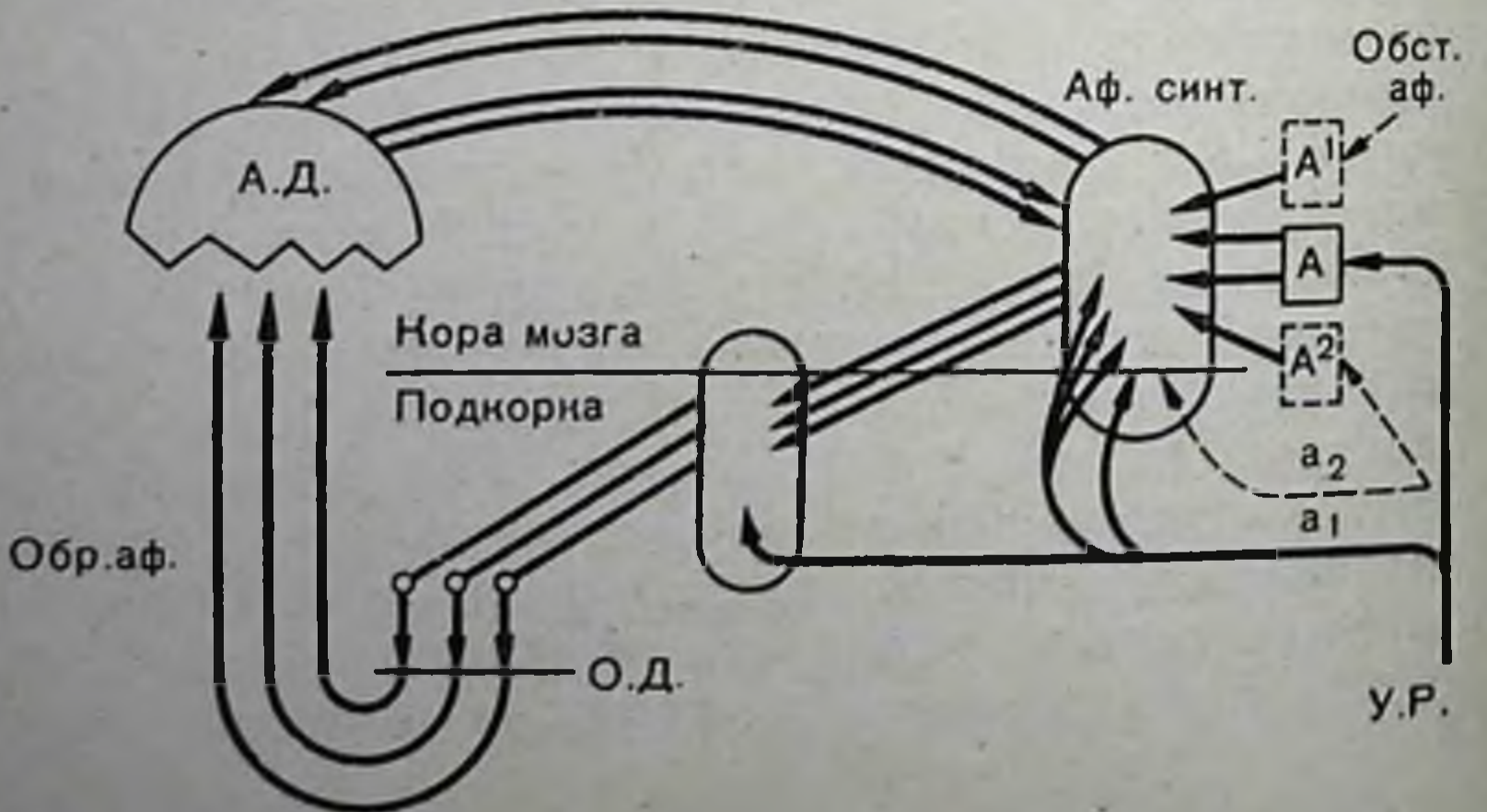
II стадия



III стадия



IV стадия





организма именно в данный момент и именно в данной ситуации; 3) принятие решения является переходным моментом, после которого все комбинации возбуждений приобретают исполнительный эффекторный характер.

Для понимания того, каким образом осуществляется сам выбор в принятии решения, как происходит устранение степеней свободы, П. К. Анохин создал представление о так называемом акцепторе действия, под которым понимается афферентный аппарат контроля информации о предстоящих результатах. Этот аппарат формируется раньше ответной реакции в ее эффекторном выражении, и, следовательно, на какое-то время опережает ответное действие. Физиологический механизм «акцептора действия» применительно к человеку состоит в том, что к моменту окончания афферентного синтеза возникает «намерение к действию». Это обстоятельство определяет дальнейшую физиологическую роль акцептора действия, принимающего на себя в форме обратной афферентации все афферентные раздражения, которые возникают от результатов действия. Аппарат «акцептора действия» производит сопоставление результатов афферентного синтеза, т. е. замысла действия, с результатами производственного действия. Совпадение этих возбуждений заканчивает весь циклический процесс образования ответной реакции, в то время как их «рассогласование» вызывает целый ряд новых реакций, которые должны дать в конце концов рефлекторный ответ, соответствующий характеру «акцептора действия». Механизм образования и функционирования «акцептора действия» представлен на рис. 60.

Рис. 60. Изображение последовательных стадий выявления прочного условного рефлекса в ответ на условный раздражитель.

I стадия — синтез всех разнообразных внутренних и внешних афферентных воздействий на организм; А — анализатор пускового стимула; А<sup>1</sup> и А<sup>2</sup> — обстановочные раздражители для различных анализаторов; а<sub>1</sub> и а<sub>2</sub> — коллатеральное действие пускового и обстановочного стимулов на ретикулярную формацию ствола мозга; У. Р. — условный раздражитель; II стадия — образование акцептора действия на основе афферентных следов от прежних раздражителей (А. Д.); III стадия — формирование ответного действия (О. Д.), которое разворачивается всегда позднее акцептора действия; IV — стадия — возникновение обратных афферентных возбуждений от всех сторон и признаков достигнутого результата. В данном примере обратная афферентация от результатов действия точно совпадает с характером акцептора действия, т. е. результат точно соответствует замыслу (или намерению) к совершению действия.



Закономерность образования и роли акцептора действия можно сформулировать словами П. К. Анохина (1968): «Во всех случаях посылки мозгом возбуждений через конечные нейроны к периферическим рабочим аппаратам одновременно с эфферентной «командой» формируется некоторая афферентная модель, способная предвосхитить параметры будущих результатов и сличить в конце действия это предсказание с параметрами истинных результатов».

Особенное значение эта закономерность имеет в случае сложных поведенческих актов человека. Здесь могут быть поставлены самые различные цели поведения, и тем не менее «акцептор действия», формирующийся также в момент принятия решения, впоследствии определяет степень совпадения между задуманным и полученным. Предсказание результатов действия является универсальной функцией мозга, предупреждающего всякого рода «ошибки», т. е. свершение действий, не соответствующих цели, поставленной организмом. Единственная возможность построить гармоничное поведение и избежать ошибки состоит именно в постоянном сличении результатов сделанного с ранее предсказанными афферентными параметрами результатов.

Из всего изложенного видно, что физиологические механизмы информационного взаимодействия человека и оборудования являются достаточно сложными. В то же время в этом взаимодействии намечены вполне определенные узловые моменты его понимания и последующего учета и регулирования. Этими узловыми моментами являются представления о роли внимания, функциях памяти, афферентном синтезе и акцепторе действия. Опираясь на эти данные, можно с известной вероятностью моделировать процессы информационного взаимодействия и использовать результаты этого моделирования в конструкциях производственного оборудования.

Изучение психофизиологических и психологических характеристик человека необходимо не только для разрешения традиционных проблем — повышения работоспособности и снижения утомляемости человека, познания закономерностей приема и переработки информации, процессов памяти и мышления при управлении и обслуживании техники и т. д. Оно необходимо для разработки принципов, методов и средств контроля психофизиологического состояния человека в процесс деятельности,



осуществляемого с помощью технических устройств. Это направление находится в начале своего развития.

Наиболее адекватными являются подходы, моделирующие естественные взаимоотношения в системе «человек — машина — среда» и обеспечивающие взаимодействие человека с контролируемой экспериментальной средой по принципу замкнутого контура с прямыми и обратными связями. Эти требования могут быть реализованы при так называемом управляемом эксперименте (Ливанов М. Н. и др., 1966; Бундзен П. В. и др., 1973; Трубачев В. В. и др., 1973, и др.).

Биоуправляемый физиологический эксперимент (bio-feedback experiment) предусматривает автоматическую систему, в которой есть искусственная, контролируемая экспериментальная, внешняя, обратная связь между «входами» и «выходами» изучаемого биологического объекта.

В середине 70-х годов интерес к методам исследования с обратной связью значительно усилился, так как их явные преимущества позволяют не только выявить и описать те или иные алгоритмы деятельности мозга или какой-либо функциональной системы на основе использования современных методов, теории автоматического регулирования и вычислительной техники, но и обеспечивают весьма эффективные способы обучения, тренировки и направленных воздействий с целью компенсации тех или иных нарушений функций (Симонов П. В., Темников Ф. Е., 1965; Василевский Н. Н., 1972, 1972, и др.).

Биоуправляемые системы используются в автоматических сигнализаторах контроля функционального состояния человека и как анализаторы функциональных состояний мозга в клинике.

Биоуправляемые системы с обратной связью позволяют согласовывать характеристики внешнего сигнала (или момент его воздействия) с динамикой определенных характеристик биоэлектрической активности головного мозга или других физиологических параметров. Однако при создании замкнутых систем, управляемых сдвигами физиологических функций, большинство авторов использовали энцефалограмму. Чаще всего здесь применяется схема, благодаря которой возникновение сколько-нибудь устойчивого  $\alpha$ -ритма усиливает освещение глаз. Засвет ведет к депрессии  $\alpha$ -ритма, в результате автоматически выключается источник освещения (Mulholland T. H.,



Ruppals S., 1961; Жуков В. Г., 1963; П. В. Бундзен, 1965). Работа такой системы существенно зависит от внимания субъекта. Эксперименты показали, что устойчивое спокойное внимание скорее характеризуется возрастанием  $\alpha$ -индекса. Депрессия  $\alpha$ -ритма более характерна для состояния тревожной бдительности (Mulholland T. H., Ruppals S., 1962; Dussailly I. Z., 1963). Можно видеть, что применение систем с обратной связью способствует уточнению вопроса об ЭЭГ-коррелятах нервно-эмоционального напряжения человека.

Системы с обратной связью оказались ценным инструментом исследования функционального значения различных частот ЭЭГ благодаря своеобразной «инструментализации самонаблюдения». Например, человека просят поддержать звучание тона, зависящее от его  $\alpha$ -ритма, а затем расспрашивают, каким образом ему удалось пролонгировать звук. Оказалось, что большинство субъектов решают эту задачу, вызывая у себя состояние покоя, общего расслабления, размышления о приятном и т. д. (Nowlis D., Kamiya J., 1970).

Помимо ЭЭГ, в системы с обратной связью включаются колебания кожных потенциалов (КГР) и электрическое сопротивление кожи внешнему току. Так, например, падение сопротивления при страхе, гневе и ориентировочной реакции наряду с его возрастанием при утомлении, нетрезвом состоянии и дремоте (Levy E. Z., 1961) позволило запатентовать устройство, контролирующее самочувствие шофера путем регистрации электросопротивления ладони, лежащей на руле. Возрастание сопротивления или разрыв цепи включает сигнализацию тревоги (Scheer D. W., 1962). Этот принцип может найти и более широкое применение. Кожно-гальванический рефлекс может быть также использован в устройствах, играющих роль своеобразного «психоэлектронного усилителя» при обнаружении сигнала, значимого для субъекта. В этом случае кожно-гальваническая реакция продлевает экспозицию сигнала или блокирует выполнение произвольных команд оператора (Иванов И. С., Симонов П. В., 1965, 1969).

Следует подчеркнуть, что в принципе возможно создать систему, технические звенья которой изменяются по мере того, как человек овладевает мастерством. Некоторый опыт в этом направлении уже есть, например, системы, включающие блок контроля состояния опера-



тора (Васильев А. А., Ломов Б. Ф., 1970); системы, в которых вычислительная система как бы прослеживает стратегию деятельности человека и в зависимости от этой стратегии осуществляет селекцию информации, передаваемой человеку.

Использование принципа обратной связи, обеспечивающего тесные причинно-следственные связи между текущим функциональным состоянием системы и результатами ее деятельности, является принципиально новым подходом, чрезвычайно актуальным в создании эффективных систем контроля. Вот почему так важно интенсивное развитие научной основы эргономики.

### **Учет психологических факторов в эргономике**

Эргономика при разработке своих рекомендаций опирается на данные технических, социальных, экономических и биологических наук. Среди данных биологических наук большое значение для эргономики имеют данные психологии труда. Психология труда изучает психологические особенности различных видов трудовой деятельности в их зависимости от общественно-исторических и конкретных производственных условий, в которых осуществляется трудовая деятельность. Изучение психологии труда позволяет использовать закономерности общей психологии для облегчения трудовой деятельности, повышения производительности труда путем учета психологических данных в эргономических требованиях к конструкциям производственного оборудования.

Из вопросов психологии труда, имеющих значение для эргономики психологи указывают на: 1) психологические особенности личности; 2) психологические особенности внимания; 3) оценку и формирование профессиональных способностей; 4) психологическое изучение причин аварийности; 5) определение значения исходного психологического состояния; 6) роль объема информации о выполнении работы; 7) роль психологического климата на производстве (Платонов Н. Н. и др.).

Под *психологическими особенностями личности* понимается совокупность существенных и более или менее постоянных особенностей личности. В соответствии с диалектико-материалистическим пониманием психологии психологические особенности личности не являются



врожденными и с развитием личности меняются, вырабатываются в связи с конкретными общественно-историческими условиями. Важнейшими психологическими особенностями личности являются: мировоззрение, т. е. система взглядов на окружающие явления общества и природы; интересы личности, т. е. направленность личности на определенные предметы и явления; способность и одаренность, т. е. индивидуальные особенности, являющиеся условиями успешного выполнения какого-либо одного или нескольких видов деятельности; темперамент личности, который может быть холерическим, т. е. характеризоваться быстрой возбудимостью и сильными чувствами, сангвиническим — с быстрой возбудимостью, но слабыми чувствами, меланхолическим — с медленной возбудимостью и сильными чувствами и флегматическим — с медленной возбудимостью и слабыми чувствами. Физиологическая основа темперамента, по И. П. Павлову, заключается в особенностях типов нервной системы, отличающихся по силе нервных процессов — возбуждения и торможения, равновесию между возбуждением и торможением и подвижностью — способностью возбуждения переходить в торможение и наоборот. К психологическим особенностям личности относятся также черты характера личности, т. е. совокупность стержневых психологических свойств человека, накладывающих отпечаток на все его действия и поступки. Из имеющих отношение к эргономике к ним относятся инициативность и добросовестность.

Все перечисленные психологические особенности личности играют большую роль в понимании положения той или иной личности в общественном и трудовом процессе, а это имеет значение для формулировки психологических требований эргономики.

При всех видах деятельности человека большое значение имеют *психологические особенности внимания*. Внимание — это направленность сознания на определенный предмет или деятельность. К основным свойствам внимания относятся его устойчивость и рассеянность. Большое значение имеет распределение внимания. Оно необходимо, например, при многостаночной работе, у водителей транспорта, у операторов и диспетчеров. Наряду с распределением имеет значение переключение внимания, когда оно специальными сигналами переносится с одного предмета на другой. Важным показателем яв-



ляется также объем внимания, т. е. количество объектов, которые одновременно могут находиться в поле зрения человека. Исследования показали, что объем внимания может исчисляться максимум 5—7 объектами, одновременно охватываемыми вниманием. Однако, по данным С. И. Горшкова с сотр., а также С. П. Бочарова, этот максимум может быть значительно расширен (см. раздел «Информационные взаимоотношения в системе „человек — машина“»).

При оценке *формирования профессиональных способностей* психология труда исходит из положения, что высокие показатели в том или ином виде профессиональной деятельности могут быть достигнуты работниками с самой различной структурой психологии личности, в то время как неуспеваемость в данной профессии обычно отчетливо определяется какими-либо вполне определенными особенностями. Поиск признаков психологической структуры, определяющих неуспеваемость в профессии, является важной задачей психологии труда. Правильная оценка профессиональных способностей должна производиться по схеме, в которой перечисленные выше особенности личности являются центральным звеном. Основные моменты этой схемы включают (Платонов К. К., 1974): 1) понимание психофизиологических особенностей данной трудовой деятельности или профессии и, в частности, причин наиболее типичных ошибочных действий; 2) сопоставление с этими особенностями профессии психологической структуры изучаемой личности; 3) вынесение экспертного заключения на основании всестороннего сопоставления этих двух структур с обязательным учетом компенсаторных возможностей личности.

Для оценки профессиональных способностей человека его надо изучить в различных видах трудовой деятельности, в том числе и в лабораторном психофизиологическом эксперименте.

В *аварийных ситуациях* психофизиологию труда интересует прежде всего значение личных факторов человека, повлекших за собой неправильные действия, явившиеся причиной аварии. Наиболее общими причинами ошибочных действий могут быть: 1) плохая подготовка рабочего, отсутствие или недостаточность у него необходимых знаний; 2) несоответствие его индивидуально-психологических качеств требованиям выполняемой работы, т. е. слабая профессиональная подготовка; 3) недисциплини-



рованность или нерадливость; 4) временное снижение работоспособности в результате заболевания, утомления, отрицательного воздействия условий труда (Платонов К. К., 1970).

Психологию труда при изучении аварийных ситуаций особо интересуют причины, входящие во вторую группу, т. е. несоответствие индивидуально-психологических качеств выполняемой работе. Их выявление — задача психофизиологии труда и эргономики. Здесь применяются те же психологические приемы изучения личности, которые были указаны выше при определении профессиональных способностей.

Большое значение для определения уровня работоспособности имеет *исходное психологическое состояние*. Психологическое состояние перед началом работы и по ходу ее выполнения представляет собой сложное явление, выражающее особенности личности в отношении выполняемой работы. Оно определяется обстоятельствами подготовки к этой работе, устойчивой установкой личности к труду вообще и последствием предшествующих психологических состояний, в особенности в эмоциональной сфере. В исходном состоянии можно выделить интеллектуальную, эмоциональную и двигательную стороны (Левитов Н. Д., 1964; Шеляховская Н. К., 1965). Интеллектуальная сторона — это прежде всего степень осмысленности работы и степень сосредоточенности внимания на ней. Эмоциональная сторона — это те чувства, которые сопровождают подготовительную деятельность каждого рабочего — чувство бодрости, уверенности, трудового подъема или чувство усталости, вялости, подавленности, нежелания работать и т. д. Двигательная сторона — это уровень двигательной активности, скорости движений, их точности или их замедленности, ошибочности и т. д.

Выделение сторон исходных состояний позволило свести их к четырем формам: положительное состояние в активной форме, положительное состояние в пассивной форме, отрицательное состояние в пассивной форме и отрицательное состояние в активной форме. Исследования показали, что выполнение работы в сильной степени зависит от исходного состояния. Ее результативность повышается при изменении психологического состояния от отрицательного состояния в активной форме к отрицательному состоянию в пассивной форме, и от положи-



тельного в пассивной форме к положительному в активной форме. Большое значение психологии труда заключается в возможности переделки психологического состояния от отрицательной формы в положительную, результатом чего является повышение результативности труда на 10—15%.

О важной роли *знания объема информации* в ходе выполнения работы говорят следующие данные. Если сравнивать производительность труда двух групп рабочих — знающих объем выполненного задания и не знающих его, то окажется, что производительность труда рабочих первой группы будет на 5—15% выше, чем рабочих второй группы.

По современным представлениям, для эффективности трудового процесса большое значение имеет *психологический климат* в рабочем коллективе, т. е. совокупность и характер взаимоотношений между отдельными его членами. Немаловажную роль в определении особенностей психологического климата имеет организация самого производственного процесса и, в частности, наличие или отсутствие монотонии. При монотонной организации труда возникает состояние угнетения нервной системы, чувство скуки, отсутствие интереса к работе, в результате чего в коллективе создается психологическая разобщенность, а все вместе приводит к снижению эффективности труда.

С. И. Горшков и И. А. Гончаров проанализировали состояние психологической разобщенности на примере конвейерной организации труда по пошиву перчаток в кожгалантерейной промышленности. Пошив кожаных перчаток в настоящее время производится на поштучных (попарных) пооперационных автоматически нерегулируемых конвейерах с заданным ритмом и на пачковых пооперационных конвейерах со свободным ритмом, где несколько работниц (максимально восемь) одновременно выполняют одну и ту же операцию. Рабочие места работниц расположены вдоль линии конвейера под углом 90° к нему, так что работницы в течение всего рабочего дня видят только ряд затылков своих товарищей по работе. Труд работниц при этом характеризуется большим количеством мелких операций при их жестком разделении между работницами. Это приводит к тому, что у работниц развивается состояние снижения функциональной подвижности нервной системы, возникающая скука



сопровождается частой зевотой, у них исчезает представление о конечном результате коллективного труда, снижается чувство ответственности за него, происходит разобщение их между собой технологически и, что особенно важно, психологически. Указанная разобщенность между швеями приводит к периодическим недогрузкам и перегрузкам работниц, к нарушению заданного ритма изготовления продукции и к необходимости перераспределения операций между исполнителями. Связь между несколькими исполнителями на операциях технологической цепи на конвейерах со свободным ритмом через одноканальную систему транспортера затрудняет учет их выработки и приводит к задержке поступления изделий для их обработки.

Учитывая указанные недостатки, а также малый размер и вес изготавливаемой продукции, была сделана попытка устранить недостатки существующих линий путем разработки поточно-групповой линии организации пошива перчаток. Составляющей единицей новой линии является рабочее место швей-мотористки, созданное на основе специальной конфигурации крышки промышленного стола, при наличии которой работница сидит под углом  $45^\circ$  к движущейся продукции. Работницы объединены в группы, участники которых тесно связаны между собой общей задачей. Работа организована по пачковому принципу в свободном ритме. Работница после выполнения своей операции отодвигает обработанную пачку на расстояние вытянутой руки, в результате чего пачка поступает на рабочее место следующей операции. Тем самым при такой организации труда отпадает необходимость в конвейерной линии. Непосредственная многоканальная связь работниц друг с другом обеспечивает между исполнителями технологическое и психологическое взаимодействие, что дисциплинирует их труд и вносит в него элементы наглядного соревнования, чему способствует одновременный пошив изделий.

Как показали хронометражные наблюдения за работой швей-мотористок при новой системе организации труда, у них совершенно исчезли нерегламентированные перерывы в работе и уходы с рабочих мест. Работницы получили возможность видеть друг друга в разных положениях, не отрываясь от работы, периодически обмениваться друг с другом разнообразной информацией, что восполняет недостаток информации при нахождении на



рабочем месте. В группе создается благожелательная дружественная обстановка.

Приведенные данные показывают, в какой мере психологический климат и психологическое состояние связаны с организацией труда, конструкцией рабочего места, т. е. с осуществлением эргономических рекомендаций о необходимости соблюдения психологических требований эргономики.



## **V. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ЭРГОНОМИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Выше уже говорилось, что научно-технический прогресс коренным образом преобразует науку и технику, труд человека и характер взаимоотношений человека и техники. Однако все эти изменения не приводят автоматически к облегчению и улучшению условий труда. При всех этих изменениях остается в силе основное требование эргономики о необходимости осуществления принципа соответствия конструкций производственного оборудования анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. Это происходит потому, что изменения техники, технологии производства и характера труда, вызываемые техническим прогрессом, являются не всегда однозначными, т. е. действующими только в направлении облегчения труда или улучшения условий труда.

Наряду с положительными проявлениями технического прогресса отмечаются и отрицательные, возникающие часто из-за трудностей предвидения последствий внедрения научных достижений или из-за отсутствия точных научных данных, позволяющих прогнозировать поведение эргономической системы в новых условиях ее существования.

Так, например, исследованиями Казахского научно-исследовательского института гигиены труда установлено, что механизация такой трудоемкой работы, как добыча угля, привела к резкому снижению энерготрат человека, приходящихся на 1 т добываемого угля. Если при ручной выемке угля энерготраты человека составляют 299,8 ккал на 1 т угля, то при механизации этих работ широкозахватным комбайном они снижаются до 161,3 ккал (на 46%), при узкозахватных комбайнах — до 146,7 ккал (на 51,4%) и при применении механизированного комплекса — до 59,7 ккал (на 80,1%). Видно,



как с ростом и совершенствованием механизации добычи угля уменьшаются энерготраты человека, т. е. как заметно уменьшается физическая тяжесть труда по добыче угля. Однако наряду с этим облегчением труда горнорабочих идет параллельный процесс постепенного ухудшения их условий труда по такому показателю, как запыленность воздуха. По данным В. А. Ли (1972), взвешенная запыленность воздуха при выемке угля буровзрывным способом равна 65—74 мг/м<sup>3</sup>, при добыче угля широкозахватным комбайном — 185,5—366,4 мг/м<sup>3</sup>, при работе узкозахватным комбайном — 491—2840 мг/м<sup>3</sup>, а при применении механизированных комплексов наблюдалось дальнейшее повышение содержания пыли на рабочем месте машиниста, горнорабочих верхней ниши и других профессиональных групп.

Таким образом, внедрение новой горной техники, облегчая труд горнорабочих, ведет к резкому ухудшению условий труда. Ниже будут приведены и другие данные, показывающие, что в результате внедрения новой техники физически тяжелый труд заменяется трудом легким в физическом отношении, но характеризующийся высокой степенью монотонии, нервным напряжением при его выраженной эмоциональной окраске.

Такие факты указывают на необходимость изучения вопроса о научно-техническом прогрессе и эргономике в различных отраслях промышленности.

Ниже по этому вопросу будут представлены конкретные материалы.

### **Станочные работы в машиностроении**

В настоящее время благодаря научно-техническому прогрессу многие машиностроительные и станкоинструментальные предприятия проектируются и строятся с учетом современных требований, предъявляемых к их планировке, условиям производственной среды и конструкциям технологического оборудования. Большое значение в повышении качества и надежности системы «человек — машина» приобретают не только технические характеристики производственного оборудования, но и то, в какой мере в нем учтены анатомо-физиологические и психологические требования эргономики, обеспечивающие удобство обслуживания, допустимые величины прилагаемых усилий, длительность повторяющихся опера-



ций, рациональность распределения функций между звеньями системы и др.

Станочное оборудование является одним из основных видов технологического оборудования промышленных предприятий. Работа станочников нередко протекает в относительно благоприятных санитарно-гигиенических условиях окружающей среды, не связана с частым подъемом тяжестей, но вместе с тем она не всегда является легкой. В таких случаях особое значение приобретают удобство обслуживания оборудования, зависящее от степени рациональности его конструкции, а также характер трудового процесса (длительность и частота производственных операций, точность выполняемой работы и др.).

Наиболее распространенными эргономическими недочетами станочного оборудования являются нерациональное конструктивное решение системы управления станка, отсутствие пространства для ступней и ног и др. Так, на некоторых кругло- и шлицшлифовальных станках, обслуживаемых в положении стоя, часто используемые органы управления размещены в неудобных зонах. Хронометражные наблюдения за работой шлифовщиков на этих станках показали, что во время работы на круглошлифовальном станке шлифовщик наиболее часто обращается к кнопке пуск — остановка станка (35—48 раз в час), маховику ручного перемещения стола (26—39 раз), маховику поперечной подачи шлифовальной бабки (18—36 раз). Если нажатие кнопки пуск — остановка станка занимает 1—2 с, то при обращении рабочего к указанным маховикам он вращает их в течение 15—45 с. Вследствие того что эти, а также другие органы управления расположены за пределами оптимальной рабочей зоны, шлифовщик часто выполняет производственное задание в неудобной рабочей позе (рис. 61). В этих случаях правая рука поднята для того, чтобы манипулировать маховиком поперечной подачи шлифовальной бабки, а левая рука в это время вращает маховик ручного перемещения стола, корпус тела рабочего при этом наклонен в левую сторону под углом 25—35°. Суммарное время пребывания работающего в неудобной позе в разные часы смены в зависимости от выполняемой операции колеблется от 10 до 30 мин в час, т. е. занимает 17—50% времени. При обслуживании шлицшлифовального станка продолжительность работы в неудобной рабочей позе меньше (10—25%).



Шлифовщики обеих групп обрабатывают одни и те же детали — протяжки длиной 700—1200 мм, массой 7—100 кг. Тяжелые детали устанавливаются на станок при помощи электротельфера.

Производственные операции и трудовые приемы, выполняемые шлифовщиками при работе на кругло- и шлицешлифовальных станках, в основном однотипные. Однако имеются определенные особенности в характере выполняемой работы. При работе на круглошлифовальном станке обработка деталей производится поэтапно. Такой характер работы связан с тем, что каждый этап обработки требует специальной подналадки станка. Поэтому

с целью экономии времени станочник выполняет одну операцию на всех деталях партии, затем другую и т. д. В результате одну и ту же деталь рабочий ставит на станок столько раз, сколько этапов обработки.

При работе на шлицешлифовальном станке деталь устанавливается однократно и все этапы шлифовки осуществляются последовательно при ее обработке. В этом случае производится более тонкая и точная работа — шлифование шлиц. Шлифовщик тратит значительную часть времени на активное наблюдение, во время которого он периодически делает контрольные замеры.

Вследствие особенностей характера труда шлифовщики, работающие на круглошлифовальных станках, производят значительно больше движений руками по сравнению с работающими на шлицешлифовальных станках. Число движений обеих рук (горизонтальных и вертикальных) на протяжении смены у первых составляет 940—1900 в час, у вторых — 670—1040.



Рис. 61. Рабочая поза шлифовщика.



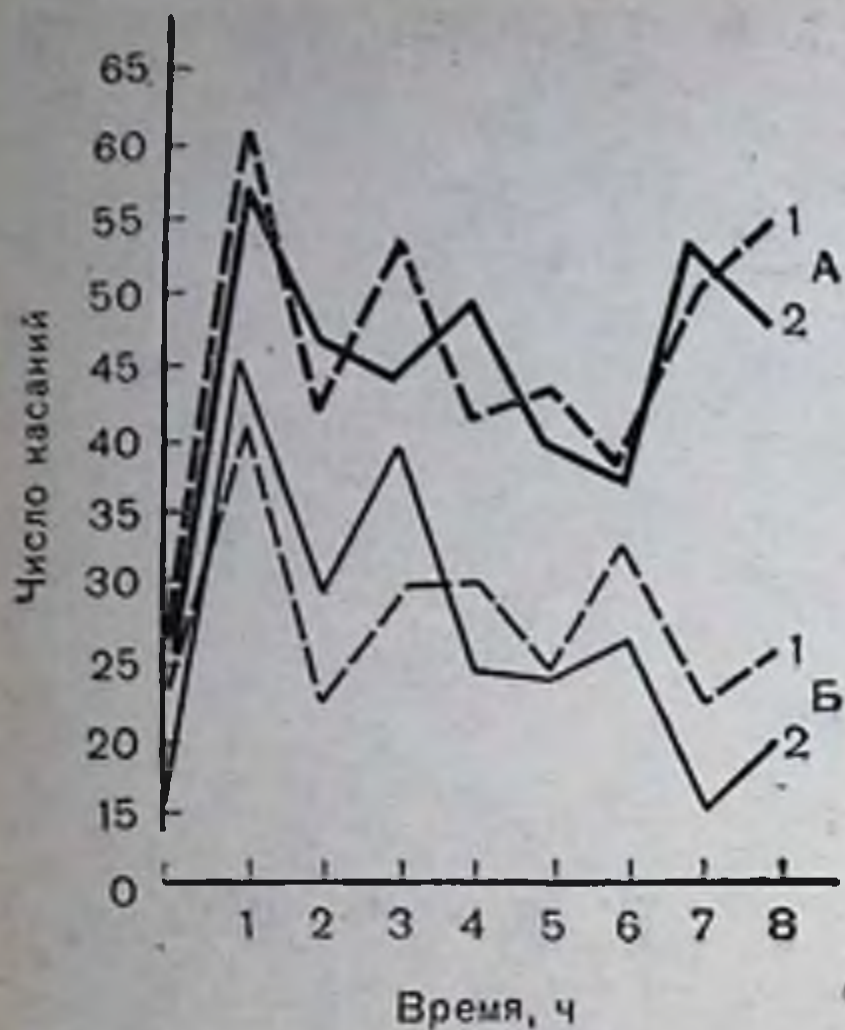


Рис. 62. Изменение тремора рук на протяжении смены при работе на кругло- (А) и шлицшлифовальных (Б) станках.

1 — левая рука; 2 — правая рука.

Особенности выполнения производственного задания обследуемыми станочниками обусловили различие в тяжести их труда. Мощность работы станочников, обслуживающих круглошлифовальные станки, равна 12 Вт, при работе на шлицшлифовальных станках — 8 Вт.

Все это привело к определенным различиям в степени изменений физиологических функций в течение смены. У шлифовщиков, работающих на круглошлифовальных станках, вследствие большей тяжести труда, времени пребывания в не- удобной рабочей позе и

большого числа нерациональных движений наблюдались более выраженные изменения выносливости мышц рук к статическому усилию, артериального давления, показателей физической терморегуляции. Выраженные различия наблюдались в показателе координации движений — треморе рук. Как видно на рис. 62, на 1-м часу работы, в период вработывания, тремор рук резко увеличивается в обеих группах. В дальнейшем у шлифовщиков шлиц он понижается, приближаясь к исходным величинам. У рабочих, обслуживающих круглошлифовальные станки, тремор рук после некоторого понижения снова резко усиливается ( $p < 0,05$ ). Разница в этом показателе, наблюдавшаяся на протяжении всей смены, особенно выражена к концу ее ( $p < 0,01$ ). Существенные различия наблюдались и в частоте сердечных сокращений. У работающих на круглошлифовальных станках частота сердечных сокращений в течение всей смены была существенно выше исходного уровня, тогда как у шлифовщиков шлиц вследствие значительно большего процента времени, занятого наблюдением, она понижалась. Если до работы частота сердечных сокращений у станочников обеих



группы была фактически одинаковой, то на 4—5-м часу разница между группами достигала 20—21 уд/мин ( $p < 0,001$ ).

Как видно из приведенных данных, труд рабочих одной и той же профессии, осуществляемый в одних и тех же производственных условиях и включающий сходные производственные операции, может быть различным по тяжести и напряженности. При этом неудобство обслуживания производственного оборудования особенно сказывается на функциональном состоянии организма рабочего в тех случаях, когда труд является более тяжелым и напряженным.

Нередко на производстве при станочных работах со значительным процентом машинного времени станочник может обслуживать два—три станка. Это вполне нормально при работе на эргономически целесообразном оборудовании. Если же оборудование имеет эргономические недочеты, то работа на двух и более станках приводит к напряжению функций организма. В. В. Елизаровой (1977) было показано, что у шлифовщиков, обслуживающих два станка, более выраженные изменения физиологических функций в основном обусловлены нерациональным размещением органов управления, необходимостью применять значительные по величине усилия (до 23 кгс) при их переключении, неполной обеспеченности механическим перемещением обрабатываемых деталей массой 25 кг. У шлифовщиков, обслуживающих два станка, частота сердечных сокращений на протяжении всей смены была выше, чем у работающих на одном станке. Пульс у первых был значительно учащен при выполнении всех основных операций: при манипулировании органами управления — в среднем на 11,4 уд/мин, при перемещении детали — на 28,7 уд/мин, при наблюдении за процессом шлифования — на 19,3 уд/мин.

Как известно, в тех случаях, когда выполнение производственного задания не требует применения значительных усилий и частых переходов на значительные расстояния, более рационально работать сидя. Однако рабочая поза станочников «сидя» также не всегда бывает удобной.

Так, при работе на плоскошлифовальном станке, обрабатывающем фрезы, вследствие отсутствия в станине станка специального пространства для ног корпус рабочего отдален от обрабатываемой детали, а его колени



упираются в станину. Деталь находится на высоте, превышающей рекомендуемую для выполнения работ в положении «сидя». Компановку пульта управления нельзя признать удачной, так как на нем сконцентрировано слишком много кнопок (7), предназначенных для правой руки. Наиболее часто (8—10 раз в минуту) шлифовщик пользуется двумя кнопками: «включение» и «выключение». Правая рука почти все время связана с установкой или поддержанием детали при шлифовании. На кнопки пульта управления рабочий вынужден нажимать левой рукой. В результате движения рук шлифовщика являются нерациональными, так как правая рука переходит в зону левой, а левая — в зону правой. При этом неизбежно происходит удлинение траекторий движений рук, главным образом за счет преодоления расстояния, равного ширине корпуса тела рабочего (Коханова Н. А. и др., 1971).

В табл. 27 приведены результаты анализа киноциклограммы, снятой в процессе шлифования одной стороны фрезы стажированным шлифовщиком. Все элементы операций и движений рук представлены последовательно. Общее их число для правой руки составляет 8, для левой — 11. На выполнение всех элементов операций, связанных с процессом шлифования одной стороны фрезы, рабочий затратил в данном случае 14 с. При этом 6 с, т. е. около 50% общего времени, он затратил на преодоление левой рукой расстояния между органами управления (элементы операций 2, 4, 7, 9, 13).

Наибольшая траектория движения левой руки — 600 мм — отмечается при ее движении к пульту управления, расположенному в зоне правой руки, и эта операция повторяется несколько раз в одном цикле. Траектории движений правой руки являются более короткими по сравнению с таковыми левой руки. Наибольшая их длина составляет 220 и 280 мм (элементы операции 2, 10, 13). Движения по этим траекториям выполняются за 3,3 с.

Обращает на себя внимание, что 50% (7,2 с) общего времени обработки одной стороны детали затрачивается на ее поддержание, чтобы она не соскакивала со шпинделя. На протяжении этого периода времени мышцы правой руки находятся в статическом напряжении. За это время левая рука выполняет шесть элементов операций (3—8).



Микроэлементный анализ при помощи киноциклографии процесса шлифования одной стороны фрезы диаметром 40 мм

Элемент операции (правая рука)	Время выполне- ния, с	Элемент операции (левая рука)	Время выполне- ния, с
1. Берет деталь			
2. Протягивает руку к шпинделю, надевает на него деталь	2	Протягивает руку к пульту управления	2,2
3. Придерживает деталь	7,2	Нажимает на кнопку «включение»	0,4
4. То же		Протягивает руку к маховику рабочей подачи бабки изделия	0,9
5. » »		Вращает маховик в правую сторону	1,9
6. » »		Вращает маховик в левую сторону	2,1
7. » »		Протягивает руку к пульту	1,9
8. » »		Нажимает на кнопку «выключение»	0,4
9. Снимает деталь	0,6	Протягивает руку к детали	1,0
10. Протягивает руку к микрометру	0,6		
11. Перекладывает деталь в левую руку	0,8	Берет деталь из правой руки	0,5
12. Измеряет микрометром	2,3	Держит деталь	2,3
13. Протягивает руку к новой детали	0,7	Бросает деталь в ящик для готовых деталей	0,4
Всего...	14		14

Как видно из приведенных данных, шлифование на этом станке представляет собой напряженный трудовой процесс, требующий динамической и статической работы мышц рук плечевого пояса. Напряженность труда отягощается вынужденной рабочей позой, обусловленной эргономическими недочетами станка и стульев, на которых сидят рабочие: они без спинки, а круглое сиденье имеет недостаточный диаметр — 250—300 мм.



При выполнении основной работы шлифовщики совершают много движений руками. Число вертикальных и горизонтальных движений каждой руки составляет 500—2000 в час. Выносливость мышц руки к статическому усилию к концу смены понижалась в среднем на 14—16% ( $p < 0,01$ ), в ряде случаев на 25%. На напряжение уровня функционального состояния нервно-мышечной системы указывали изменения тремора рук, который как по частоте, так и по амплитуде был существенно выше по сравнению с исходным уровнем.

В механизмах регуляции позы и управления движениями важную роль играет суставно-мышечная проприоцепция, являющаяся афферентным звеном нервно-мышечной системы и регулирующаяся механизмом рефлекторной координации движений по принципу обратной связи. Проведенный А. Абдикуловым (1974) в производственных условиях эксперимент показал, что проприоцептивная чувствительность, о которой судили по точности выполнения задания (без контроля зрения), зависит от положения тела станочника. Наиболее точными (попадание в центральную точку мишени) движения рук были в тех случаях, когда обследуемый находился в удобной позе. Наименьшее число точных движений отмечалось при неудобной позе, в которой часто работают шлифовщики. Эти результаты подтверждаются данными других авторов (Розе Н. А., 1970; Кулак И. А., 1974) о влиянии положения тела обследуемого на точность движений рук.

Напряженная работа, выполняемая в неудобной рабочей позе, приводила к существенному учащению сердечных сокращений к концу смены — в среднем на 15 уд/мин ( $p < 0,001$ ). Отмечались также изменения и других функций.

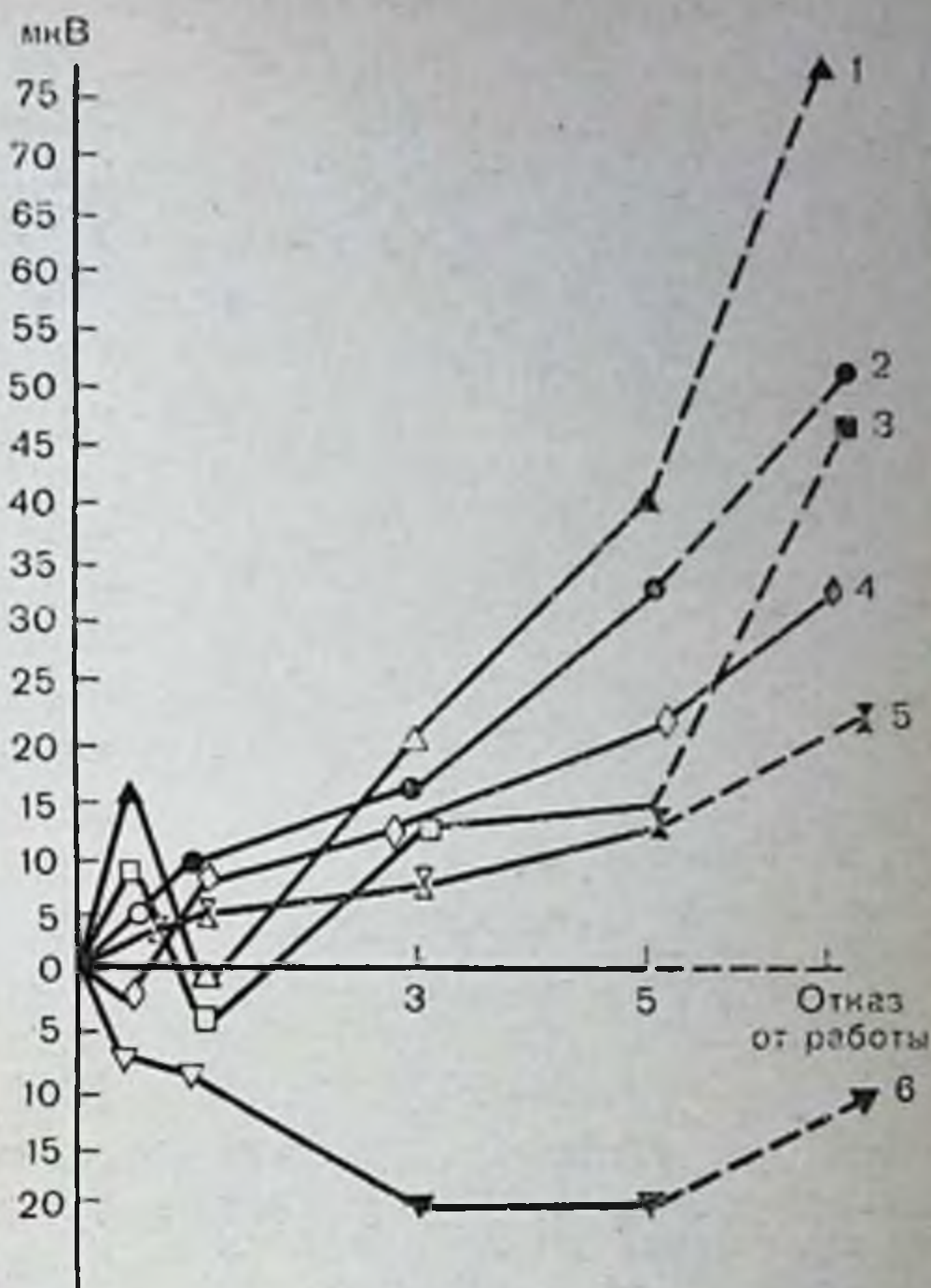
Во всех выявленных физиологических изменениях неудобная рабочая поза и нерациональные движения рук имели немаловажное значение (что было показано в лабораторном эксперименте).

Для выделения из комплекса производственных факторов влияния рабочей позы на функциональное состояние организма было проведено изучение рабочих поз станочников сидя и стоя в лабораторных условиях. Моделирование позы станочников осуществляли при помощи экспериментального стенда, имитирующего рабочую зону станка. Исследования показали, что поддержание не-



Рис. 63. Изменение амплитуды колебаний биопотенциалов изучаемых мышц при поддержании неудобной позы «сидя».

1 — трапецевидная мышца, верхняя часть, справа, 2 — трапецевидная мышца, нижняя часть, 3 — широчайшая мышца спины, 4 — трапецевидная мышца, верхняя часть, слева, 5 — крестцово-остистая, 6 — дельтовидная мышца. Затемненные знаки — статистически достоверные изменения.



удобной позы сопровождается выраженными изменениями физиологических функций. Непрерывное поддержание такой позы не может быть длительным, и по мере развития утомления изменения биоэлектрической активности становятся характерными для утомления мышц при малых статических напряжениях.

В начале поддержания вынужденной позы сидя в течение первой минуты амплитуда колебаний биопотенциалов мышц, участвующих в поддержании позы, изменялась в основном разнонаправленно (рис. 63). В конце третьей минуты эксперимента амплитуда колебаний в большинстве случаев увеличивается по сравнению с исходным уровнем (через 1—3 с после начала эксперимента), и увеличение становится существенным к концу пятой минуты. К моменту «отказа», т. е. при прекращении поддержания заданной позы вследствие сильного утомления (через 9—15 мин), амплитуда потенциалов изучаемых мышц нарастает еще в большей степени ( $p < 0,01$ ).

Частота следования потенциалов изменялась закономерно, т. е. в одних мышцах она повышалась, в других



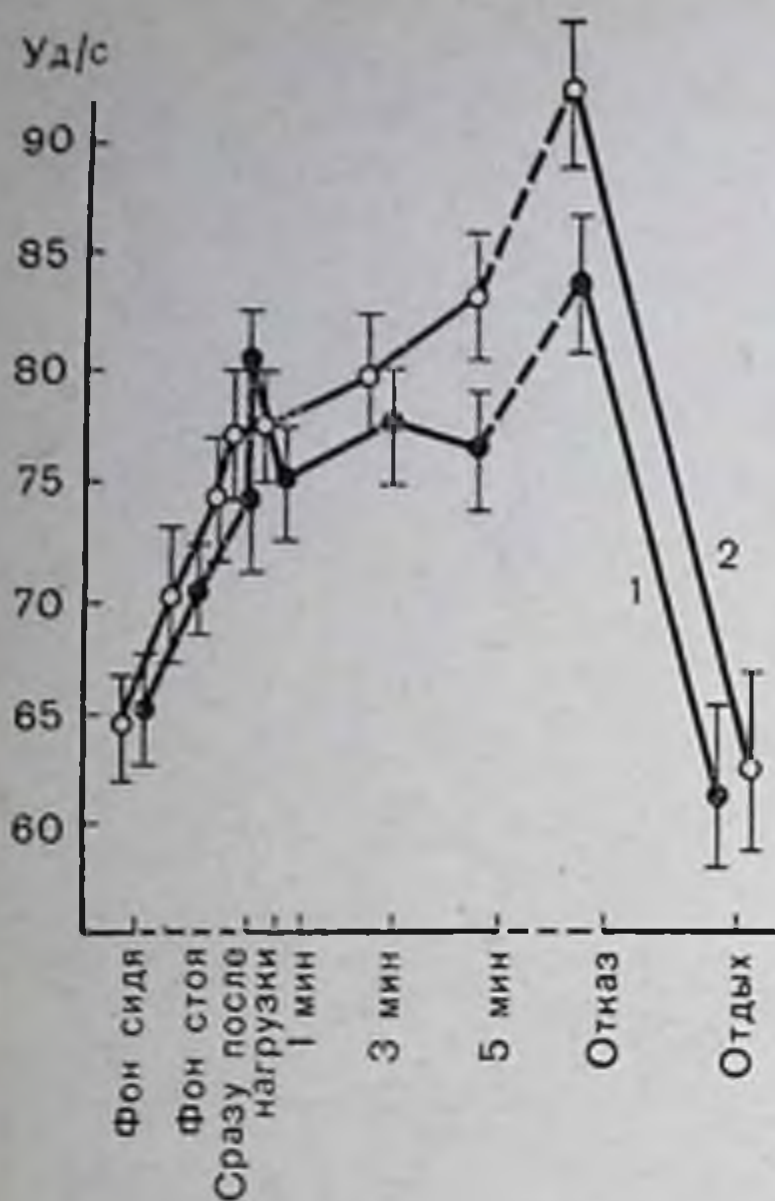


Рис. 64. Изменение частоты сердечных сокращений при поддержании неудобной позы «стоя» (1) и выполнении работы в этой позе (2).

понижалась по сравнению с исходными величинами. Такие изменения частоты следования потенциалов связаны с преобладанием в одних случаях на фоне повышения амплитуды процесса рекрутирования двигательных единиц, в других — процесса перераспределения активности между работающими мышцами или их частями по мере развития утомления (Охнянская Л. Г., 1967; Персон Р. С., 1969; Мойкин Ю. В., Побережская А. С., 1973; de Vries H. A., 1968, и др.).

Вынужденный наклон туловища в позе сидя из-за неудобного положения ног (отсутствие пространства для ног) отчетливо сказался на биоэлектрической активности крестцово-остистой мышцы. Чем дальше от стенда находился корпус тела обследуемого, тем в большей степени увеличивалась амплитуда биопотенциалов мышцы (Коханова Н. А., Абдикулов А., 1978).

Поддержание обследуемыми неудобных поз сопровождается выраженным учащением сердечных сокращений — на 20—38% по сравнению с исходным уровнем ( $p < 0,01$ ). В экспериментах с моделированием рабочей позы станочников стоя сначала частоту сердечных сокращений регистрировали в спокойном положении сидя — она была равна в среднем 65,1 уд/мин. После того как обследуемый вставал, частота сердечных сокращений повышалась до 70,5 уд/мин. В начале поддержания моделируемой позы частота сердечных сокращений увеличивалась в среднем до 75 уд/мин, затем на протяжении эксперимента она продолжала повышаться, достигая к его концу 92 уд/мин (рис. 64).

Поддержание обследуемыми неудобных поз сопровождается выраженным учащением сердечных сокращений — на 20—38% по сравнению с исходным уровнем ( $p < 0,01$ ). В экспериментах с моделированием рабочей позы станочников стоя сначала частоту сердечных сокращений регистрировали в спокойном положении сидя — она была равна в среднем 65,1 уд/мин. После того как обследуемый вставал, частота сердечных сокращений повышалась до 70,5 уд/мин. В начале поддержания моделируемой позы частота сердечных сокращений увеличивалась в среднем до 75 уд/мин, затем на протяжении эксперимента она продолжала повышаться, достигая к его концу 92 уд/мин (рис. 64).



Когда в моделируемой позе выполнялась легкая динамическая работа (вращение маховиков), направленность изменений физиологических функций на протяжении эксперимента сохранялась. Однако к концу эксперимента величина электромиографических изменений и частоты сердечных сокращений была больше при статической работе. При работе в динамическом режиме на кривой подъема частоты сердечных сокращений отмечался период стабилизации, когда данный уровень сердечной деятельности был достаточным для энергетического обеспечения осуществлявшейся мышечной активности.

Таким образом, экспериментальные исследования в лабораторных условиях показали, что поддержание неудобной позы и выполнение динамической работы в такой позе сопровождается выраженными изменениями биоэлектрической активности мышц, характерными для электромиографической картины утомления, и существенными изменениями частоты сердечных сокращений, указывающими на напряжение сердечно-сосудистой системы. Функциональная связь нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем, осуществляемая по механизму позно-вегетативных рефлексов, характеризуется достаточно высокой степенью корреляции ( $r=0,75$ ,  $p<0,05$ ). Более тяжелой для организма является работа по поддержанию неудобной позы, чем динамическая работа, выполняемая в той же позе. В последнем случае, по-видимому, имеется возможность не только периодического отдыха моторных единиц, но и смены их благодаря некоторым изменениям позы, возникающим при выполнении динамической работы. Большая утомительность статического напряжения по поддержанию неудобной позы подтверждается также менее длительным временем ее поддержания (до 20 мин) по сравнению с длительностью выполнения динамической работы (до 50 мин), а также субъективной оценкой.

При уменьшении степени неудобства позы изменения физиологических функций были менее значительными, т. е. выраженность изменений физиологических функций соответствовала степени нерациональности поддерживаемой позы. Оптимизация позы путем создания пространства для ног (сидя), изменения расположения органов управления на стенде и предмета труда, замены рабочего табурета эргономически целесообразным стулом привела



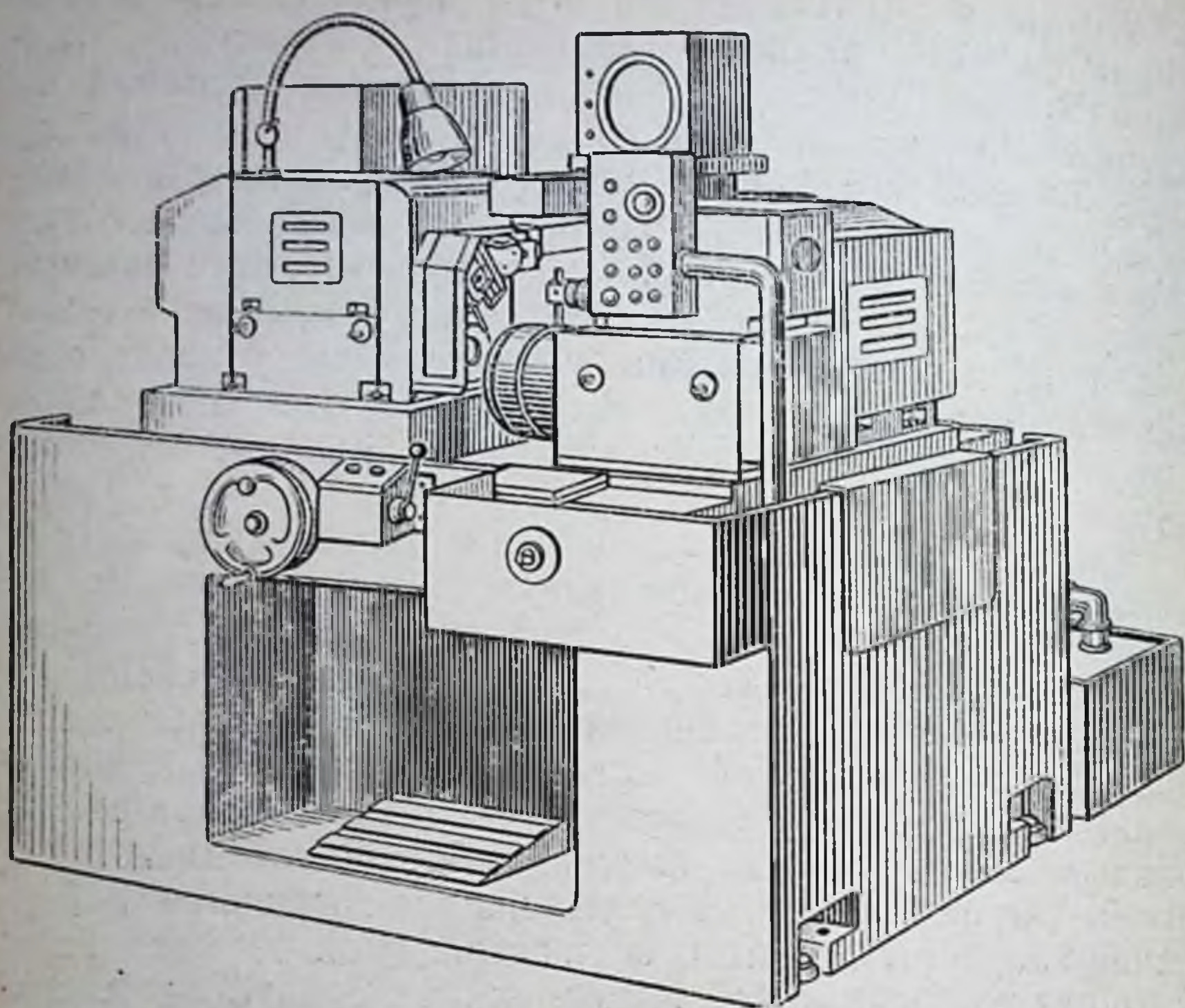


Рис. 65. Схематическое изображение нового плоскошлифовального станка.

к исчезновению или существенному уменьшению указанных изменений.

Результаты производственных и экспериментальных исследований послужили основанием для разработки эргономических рекомендаций, которые были учтены при проектировании и создании нового шлифовального станка, обслуживаемого в положении сидя.

В новом станке предусмотрено пространство для ног, обеспечивающее удобное положение ног при работе (рис. 65). На станине станка установлен более простой пульт с пневматической рукояткой, при помощи которой производится управление станком, рука шлифовщика при этом находится на полумягком подлокотнике. Органы управления, используемые редко, вынесены на главный пульт. Процессы правки шлифовального круга и измерения детали автоматизированы. Обрабатываемая деталь удерживается рычагом измерительного устройства, в результате чего исключается ее соскакивание. Станок



оснащен специальным рабочим стулом, сиденье которого регулируется по высоте.

В настоящее время исследовательские и конструкторские работы в области станкостроения проводятся в направлении автоматизации металлорежущего и деревообрабатывающего оборудования. Это является характерной тенденцией технического прогресса в станкостроении, так как автоматизация производственного оборудования облегчает труд станочника.

В конструкциях современных станков большое внимание уделяют эргономическим требованиям к системе управления. Органы управления подвижными узлами располагают удобно с учетом равномерного распределения нагрузки на руки оператора. С целью повышения мобильности системы управления механическое регулирование заменяется электромеханическим, что позволяет значительно уменьшить размеры органов управления и прилагаемые к ним усилия, а также производить отделение органов управления от управляемых узлов и концентрировать их в наиболее удобных местах станка.

В некоторых случаях пульт управления рабочими механизмами располагают вертикально на подвижном кронштейне. На многих станках приводы главного движения и подач имеют дистанционное регулирование. Дистанционное управление с подвесного пульта, имеющего механическое перемещение, создает удобство обслуживания. Легкие переносные пульта позволяют приблизить оперативное управление к обрабатываемой детали.

В тех случаях когда высота изготавливаемого изделия значительно превышает рост человека, на станке предусматривают два или три рабочих места. Перемещение оператора по вертикали осуществляют при помощи лифта. Возможность такого перемещения в сочетании с подвесным пультом управления позволяет оператору выбирать наиболее удобное место для управления станком. Рациональность компоновки пульта управления и его рельефная конструкция позволяют управлять станком на ощупь, когда зрительное внимание оператора сосредоточено на движении управляемого узла (Денисов В., 1970).

Реализация изложенных принципов в конструкциях станков улучшает условия работы оператора, повышает эффективность его труда.



Для обеспечения оптимальных условий и высокой работоспособности человека при проектировании его трудовой деятельности необходимо проводить эргономический многофакторный анализ. В противном случае всегда имеется возможность недоучета какого-либо фактора. Примером может служить труд рабочего-термиста современного автомобильного завода, обслуживающего нагревательные печи в термическом цехе. Большим техническим достижением является создание в нем нормальных или близких к ним гигиенических условий. Действительно, несмотря на то что основное технологическое оборудование этого цеха составляют нагревательные печи, микроклиматические показатели соответствуют установленным санитарным нормам и даже в теплый период года почти не превышают их, цех светлый, просторный. Интенсивность инфракрасной радиации на рабочем месте при открытых дверях нагревательной печи составляет  $0,5 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ , суммарная длительность ее действия за смену не превышает 10% общего рабочего времени. Благодаря автоматизации процесса толкания поддонов с деталями в нагревательную печь рабочий имеет возможность находиться в стороне от непосредственного действия инфракрасной радиации.

Вместе с тем положение человека в данной системе нельзя признать оптимальным. Это обусловлено тем, что одна из основных и самых тяжелых операций рабочего-термиста — загрузка поддонов деталями — производится вручную в неудобной рабочей позе. Вследствие того что платформы, с которых рабочие сгружают детали в поддоны, низкие (около 40 см от пола), им приходится производить загрузку в согнутом положении или в позе «на корточках». За смену рабочий загружает до 15—18 т деталей. Кроме того, в обязанности рабочего-термиста входит разжигание горелок и запальников, наблюдение за циклами работы печи, контроль за приборами, температурой в печи, уровнем масла и др. В случае перекоса пустых поддонов, транспортируемых по верху печи, рабочие залезают туда и подправляют их. Выполнение всех производственных операций связано с постоянным пребыванием рабочего на ногах, за смену он проходит до 12 км.

Физиологическими исследованиями установлено, что такой труд вызывает выраженное утомление, в результате чего значительно снижается сила и выносливость



мышц рук к статическому усилию — в среднем на 13 и 48% соответственно; усиливается тремор рук, ухудшается проприоцептивная чувствительность. К концу смены понижается функциональное состояние центральной нервной системы, отмечается выраженное учащение сердечных сокращений, повышение температуры тела и кожи, усиление потоотделения.

Выявленные изменения функционального состояния организма рабочих-термистов были обусловлены в основном выполнением тяжелого труда в неудобной рабочей позе, причиной чего являлось отсутствие механизации загрузки поддонов. В условиях современного производства, когда рабочему приходится выполнять большой объем работы по наблюдению и регулированию хода работы сложного технологического оборудования, выполнение тяжелого ручного труда ставит человека в еще более сложные условия по сравнению с теми, при которых ему приходилось выполнять тяжелую работу при обслуживании простого технологического оборудования. В связи с этим вопросы механизации трудового процесса являются актуальными и на некоторых современных предприятиях.

В современном производстве система человек — машина нередко включает комплекс технических средств, обслуживаемых группой рабочих. Примером такой системы может служить производственный процесс получения готовой детали из заготовки на кузнечно-прессовом оборудовании машиностроительного завода. В данной системе изготавливаемая деталь проходит последовательно всю цепочку технологического оборудования: бункер для заготовок, индукционный нагреватель, вальцевальный станок, главный пресс, обрезной пресс, контейнер для готовой продукции. Благодаря тому что все технологическое оборудование данной линии соединено транспортерами, по которым заготовка поступает к рабочему месту, почти исключен ручной перенос обрабатываемой детали от одного рабочего места к другому.

При распределении функций между членами бригады, обслуживающей технологическое оборудование, использован один из важных принципов физиологии труда — принцип совмещения профессий. Он заключается в данном случае в том, что, работая поочередно на всех рабочих местах, каждый член бригады выполняет после-



довательно функции наблюдателя, который следит за поступлением заготовок в индукционный нагреватель, вальцовщика и кузнеца-штамповщика (сначала на основном, а затем на обрезном прессе). Рациональная организация труда в данной производственной системе характеризуется также тем, что число работающих превышает число рабочих мест в ней на 1. Благодаря этому каждый рабочий имеет возможность периодически отдыхать в течение 15—20 мин. Совмещение профессий способствует уменьшению монотонности труда, которая вследствие кратковременности производственных операций на рабочих местах (5—7 с на вальцевальном станке, 10—14 с на прессах) выражена в довольно значительной степени (Коханова Н. А. и др., 1974).

Механизация перемещения заготовок, совмещение профессий и возможность периодического отдыха облегчают труд кузнецов-штамповщиков и уменьшают действие одного из неблагоприятных гигиенических факторов—инфракрасной радиации от раскаленных заготовок. Однако вследствие того что основные производственные операции, осуществляемые вручную, связаны с удержанием и перемещением при помощи щипцов раскаленной заготовки, кузнец-штамповщик, подвергаясь действию инфракрасной радиации, выполняет при этом физическую работу. Интенсивность инфракрасной радиации и тяжесть работы в значительной степени зависят от веса заготовки. Исследования, проведенные в кузнечно-прессовом производстве, показали, что наиболее низкими эти показатели были в группе кузнецов-штамповщиков, работавших на прессе 1300 тс, на котором обрабатывалась заготовка массой 1,3 кг (первая группа). Интенсивность инфракрасной радиации на разных рабочих местах прессы была 0,5—2,5 кал/(см<sup>2</sup>·мин). Кузнецы-штамповщики второй группы, работавшие на прессе усилием 2000 тс, обрабатывали заготовку массой 6 кг; инфракрасная радиация составляла 2—3,5 кал/(см<sup>2</sup>·мин). Кузнецы-штамповщики третьей группы работали на прессе 3000 тс, они обрабатывали заготовку массой 7 кг, инфракрасная радиация на рабочих местах была 3—3,5 кал/(см<sup>2</sup>·мин). Мощность работы, выполняемой преимущественно мышцами рук и плечевого пояса, в первой группе составляла 15,2 Вт, во второй — 25,5 Вт, в третьей — 33,8 Вт.

Исследование физиологических функций у рабочих выявило изменение их к концу рабочей смены, наиболее



выраженное у кузнецов-штамповщиков второй и третьей групп. Так, понижение выносливости мышц кисти к статическому усилию отмечалось у всех рабочих, но более значительным оно было во второй и третьей группах ( $p < 0,01$ ). При изучении кинестетического чувства по воспроизведению угла в  $20^\circ$  (перемещение кисти и предплечья в горизонтальной плоскости) у рабочих трех групп отмечалось превышение его; ошибка воспроизведения угла у кузнецов-штамповщиков первой группы в разные часы смены составляла 2,9—6,3% от заданной величины, у рабочих второй группы — 7,1—13,6%, у рабочих третьей группы — 7—22,4%.

Выполнение физической работы в условиях воздействия инфракрасной радиации не могло не отразиться на таких системах организма, как сердечно-сосудистая и терморегуляционная. Регистрация частоты сердечных сокращений выявила существенное нарастание ее во всех трех группах ( $p < 0,01$ ). Среднерабочий пульс у кузнецов-штамповщиков второй и третьей групп достигал 122—138 уд/мин. Анализ данных ЭКГ выявил увеличение вольтажа зубцов  $P$ ,  $R$ ,  $T$ , незначительное отклонение величины электрической систолы по сравнению с должной величиной и превышение величины систолического показателя над должной для данного сердечного ритма на 2—3%. Как видно на рис. 66, динамика изменения вольтажа зубца  $T$  была сходной во всех группах, однако величина сдвига была более выраженной у рабочих второй и третьей групп. Разница вольтажа зубца  $T$  между первой группой, с одной стороны, и второй и третьей, с другой, на протяжении смены оставалась статистически значимой ( $p < 0,01$ ).

Выраженное напряжение отмечалось со стороны терморегуляционной системы. После первоначального повышения температуры кожи, особенно на открытых участках тела (лоб, тыл кисти), где она увеличивалась на 1,8—2,9°C, в дальнейшем, с усилением потоотделения, она несколько понижалась. На рис. 67 видно, что потоотделение было довольно интенсивным у кузнецов-штамповщиков всех трех групп, но наибольшая интенсивность потоотделения отмечалась у рабочих третьей группы ( $p < 0,001$ ). Разница между группами в интенсивности потоотделения отчетливо проявлялась на тех участках тела, для которых характерно термическое потоотделение, — на груди и тыле кисти (Куно Я., 1961).



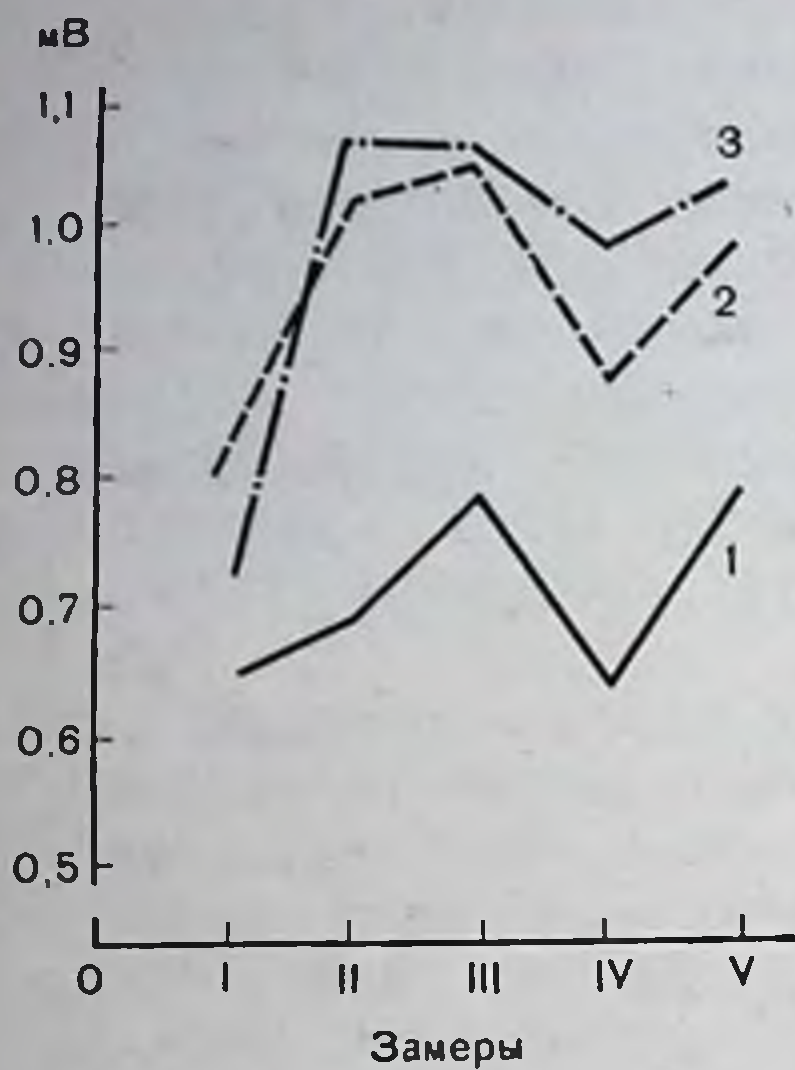
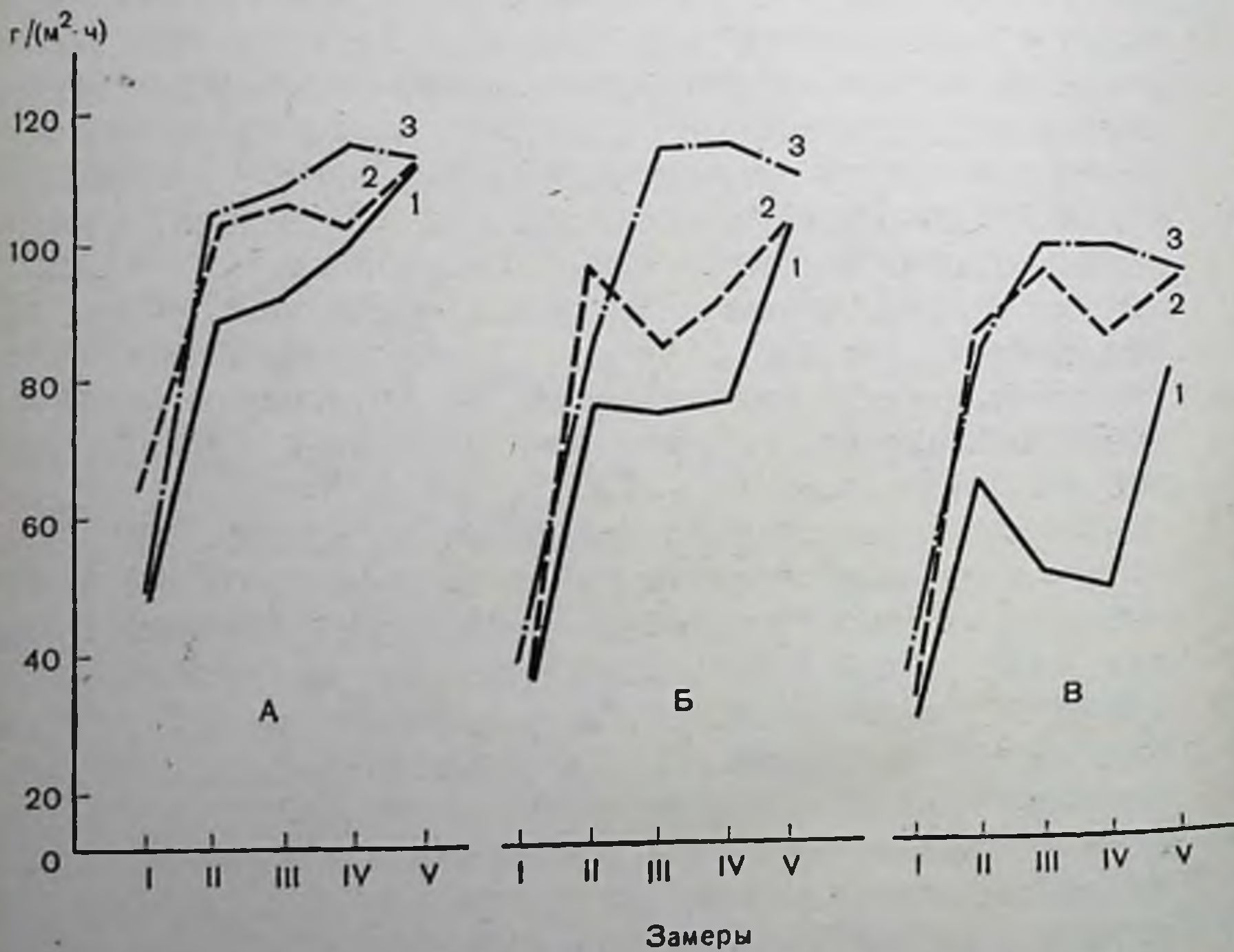


Рис. 66. Изменение зубца T ЭКГ у кузнецов-штамповщиков в течение рабочей смены.

1 — первая группа; 2 — вторая; 3 — третья.

Рис. 67. Изменение интенсивности потоотделения у кузнецов-штамповщиков в течение смены.

А — лоб; Б — грудь; В — тыл кисти. 1 — первая группа; 2 — вторая; 3 — третья.





Изменение функционального состояния центральной нервной системы во всех группах проявлялось в увеличении числа ошибок при выполнении теста Грюнбаума и числа ошибочных реакций на предъявляемый дифференцированный раздражитель. Одновременно увеличивались время выполнения теста и латентный период зрительно-моторной реакции. Особенно значительно эти показатели нарастали во второй половине смены (на 12—21%).

Выявленные изменения физиологических функций свидетельствуют об общей реакции организма. Понижение уровня функционального состояния нервно-мышечной системы, выражающееся в уменьшении выносливости к статическому усилию и точности движений, обусловлено не только понижением работоспособности в результате физической работы, но и действием на организм температурного фактора (Гончарук Г. А., 1960; Агарков Ф. Т., Тарапета Н. И., 1967, и др.).

Усиление сердечной деятельности при этом направлено на энергетическое обеспечение мышечной активности и на увеличение кровоснабжения кожи. Повышение температуры кожи и значительное увеличение интенсивности потоотделения указывают на повышение активности терморегуляционной системы, механизмов теплоотдачи. На фоне этих вегетативных сдвигов отмечается угнетение функций высшей нервной деятельности. Последнее может быть результатом как физической нагрузки, так и действия шума в цехе.

Однако однонаправленное изменение функционального состояния центральной нервной системы как при легкой работе, при которой в нормальных температурных условиях обычно отмечается тонизирующее ее влияние на высшую нервную деятельность, так и при тяжелой (вторая и третья группы) свидетельствует о том, что угнетение функций высшей нервной деятельности, по-видимому, в значительной степени является следствием тормозящего влияния повышенной активности терморегуляционной системы, ответственной за температурный гомеостаз организма.

При сравнительном анализе изменений физиологических функций у рабочих трех групп установлено, что степень выраженности этих изменений соответствует мощности выполняемой работы и интенсивности воздействия температурного фактора. Действие шума в дан-



ных условиях не является превалирующим, что, по-видимому, обусловлено его импульсным характером. По данным Р. А. Медведь (1971), вследствие большей продолжительности импульсов и более длительных пауз шум при работе прессов оказывает менее выраженное действие на организм рабочих, чем шум, создаваемый кузнечными молотами.

Понижение уровня функционального состояния организма рабочих отразилось на их работоспособности, что проявилось в увеличении времени выполнения производственных операций к концу смены на 9,1—14,7%.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что, несмотря на значительное улучшение условий труда и использование современного технологического оборудования в кузнечно-прессовом производстве, остаются еще факторы, оказывающие неблагоприятное влияние на организм рабочего. В изучаемой производственной системе человек — машина — среда источником этих неблагоприятных факторов (тяжесть труда и инфракрасная радиация) является предмет труда, т. е. обрабатываемая заготовка. В связи с тем что предмет труда не может быть исключен из технологического процесса и не может быть изменен, так как вес заготовки обусловлен размером и материалом изготавливаемой детали, а ее нагревание необходимо для получения определенной формы детали, уменьшение действия указанных неблагоприятных факторов может быть достигнуто только путем механизации процесса обработки заготовки.

Механизация всего технологического процесса пока, по-видимому, представляет большие трудности. Но осуществление таких мероприятий, как внедрение на основном прессе «кузнеца-штамповщика», переход на электрическое или пневматическое управление обрезающими прессами, должно значительно уменьшить тяжесть труда и время воздействия температурного фактора на организм рабочих, а также снизить риск травматизма.

### **Операторы пультов управления и машинисты мостовых кранов в трубопрокатной промышленности**

В соответствии с решениями XXV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства на 1975—1980 гг. предусматривается увеличение выпуска



готового проката и труб к 1980 г. до 115—120 млн. т, главным образом за счет усиления интенсификации производства и повышения производительности труда на основе существенного ускорения научно-технического прогресса, главным направлением которого является комплексная механизация и автоматизация.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что большая часть работ (Збарская Л. Ю., 1965; Курашвили М. Е., Бояхчева О. Р., 1966; Чукмасова Г. Т. и др., 1970; Besancon К., 1967, и др.) посвящена изучению условий труда рабочих в трубопрокатном производстве с целью разработки рациональных режимов труда и отдыха, оценки тяжести и напряженности труда, выявления резервов производительности труда и т. д.

Имеется незначительное количество литературных источников (Бельгольский Б. Н. и др., 1970; Васильева А. В., 1971), в которых авторы касаются изучения характера труда, устройства рабочих мест, рациональной планировки оборудования и размещения постоянного рабочего места персонала с учетом психофизиологических и антропометрических данных, обеспечения безопасности работы и нормальных окружающих условий в трубопрокатном производстве.

Однако эти работы, несмотря на их комплексный подход к разработке оптимальных условий труда операторов, относятся не к современным трубопрокатным установкам «30-102» с непрерывным оправочным станом, а к другим видам технологии изготовления труб.

Таким образом, в имеющейся литературе практически не нашли должного отражения вопросы, относящиеся к эргономической оценке технологического процесса в трубопрокатном производстве.

Автоматизация в производстве труб, являющаяся основным направлением технического прогресса, в значительной степени изменила и усовершенствовала технологический процесс всего цикла изготовления труб.

Трубопрокатные установки «30-102» с непрерывным оправочным станом на Первоуральском Новотрубном и Никопольском Южнотрубном заводах по техническим характеристикам и технико-экономическим показателям не имеют равных в мире. Существенной особенностью автоматизации на этих установках является то, что она не исключает полностью человека из систем управления, а ставит его в новые условия, что находит свое выражение



в качественном изменении содержания, структуры и характера труда. Трудовые функции рабочих этого производства трансформируются в сторону творчества, управления и контроля. Так, на трубопрокатных установках с непрерывным станом «30-102» рука человека практически не прикасается к изделию. Весь процесс непрерывной прокатки бесшовных труб осуществляется операторами и машинистами с пультов управления и мостовых кранов, расположенных по ходу технологической линии. Освобождение человека на этих линиях от тяжелого физического труда является огромным достижением в металлургической промышленности.

Изучение условий труда в трубопрокатном производстве показывает, что основными причинами и источниками образования и распространения производственных вредностей являются технологические процессы и оборудование; их санитарно-гигиеническое состояние в основном определяет условия труда рабочих на данном участке обслуживания. Поэтому вопросы гигиенической рационализации, построения технологии и конструирования оборудования непрерывного стана «30-102» с учетом удобства и безопасности его обслуживания должны предусматриваться в числе первостепенных.

Это положение имеет особо важное значение, так как использование высоких мощностей нагревательного и другого оборудования таит в себе потенциальную опасность вредных пылегазовыделений, напряженных метеорологических условий, шума, значительных нервно-эмоциональных напряжений за счет высоких скоростей проката труб — до 20 м/с и заданного темпа трудовых операций обслуживающего персонала.

В табл. 28 представлены параметры микроклимата в кабинах пультов управления и кранах. Как следует из таблицы, максимальная температура воздуха на рабочих местах операторов в большинстве случаев превышала допустимые величины, предусмотренные санитарными нормами СН 245-71.

При этом в течение рабочей смены у операторов отмечался интермиттирующий характер температурной кривой, обусловленный нарушением автоматической регуляции подачи воздуха из кондиционеров. Высокие значения температуры воздуха наблюдались в кабинах мостовых кранов — от 29,8 — до 37,4°. Неблагоприятное состояние микроклимата обусловлено недостаточной скоростью



### Параметры микроклимата в кабинах пультов управления и мостовых кранов

Место замера	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Интенсивность излучения, кал/(см <sup>2</sup> · мин)			Скорость движения воздуха, м/с
			У входа в пульт	У смотрового окна снаружи	Внутри пульты	
Кабина пульта управления ножниц	16,0—37,0 (25,2)	23—55 (30) *	1,0	1,5	0,5	0,04—1,6 (0,2)
Кабина пульта прошивного стана	17,5—38,2 (32,1)	25—45 (32)	2,5	3,5	0,6	0,10—2,5 (0,9)
Кабина пульта непрерывного стана	13,4—32,0 (24,5)	22—50 (34)	0,2	4,0	0,7	0,02—0,6 (0,2)
Кабина мостового крана, обслуживающего секционную печь	27,8—36,8 (32,8)	30—58 (35)	0,5	0,5	1,0 **	0,03—0,2 (0,1)
Кабина пульта кольцевой печи	18,9—36,4 (32,0)	42—89 (74) *	2,5	6,0	0,7	0,01—0,5 (0,2)
Кабина мостового крана, обслуживающего кольцевую печь	24,1—38,0 (3,5)	52—90 (75)	—	—	1,0 **	0,1—0,5 (0,25)

\* В скобках приведены средние значения, вне скобок — минимальные и максимальные значения.

\*\* При работе мостового крана над печью.



движения воздуха на рабочих местах операторов и машинистов — от 0,01 до 0,4 м/с. Согласно существующим нормам СН 245-71, в теплый период года скорость движения воздуха должна быть не менее 0,5 м/с.

В кабинах пультов управления и мостовых кранов, помимо возможного воздействия повышенной температуры воздуха, создаются условия дополнительного теплового лучистого воздействия на операторов и машинистов со стороны нагретых ограждений. Температура ограждений кабин, обращенных в сторону линии проката труб, т. е. к источникам нагрева, составляла  $50^{\circ}$  и выше. При этом постоянная интенсивность излучения на исследуемых рабочих местах составляла  $0,5 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ . При работе машинистов мостовых кранов над печами она повышалась до  $1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ .

Шум на рабочих местах операторов и машинистов, как показали наши исследования, по характеру широкополосный, стабильный с преобладанием звукового давления в области средних и высоких частот. В кабинах операторов пультов управления шум превышал ПДУ звукового давления в области средних частот на 2—6 дБ, в области высоких частот на 2—5 дБ, в кабинах машинистов мостовых кранов это превышение было более значительным, чем у операторов, и составляло соответственно 5—15 дБ.

При оценке загазованности производственной среды окисью углерода было показано, что концентрации ее на рабочих местах операторов не превышают ПДК. В кабинах мостовых кранов концентрации окиси углерода превышали ПДК в 2—2 $\frac{1}{2}$  раза. Основную массу пыли в производстве труб на установках «30-102» составляет железная окалина. Концентрации ее на рабочих местах операторов пультов управления и машинистов кранов не превышали предельно допустимых величин и колебались от 1,5 до  $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Наличие небольших концентраций пыли в кабинах кранов связано с тем, что в процессе прокатки труб в основном образуется крупнодисперсная пыль, которая ввиду своей тяжести оседает непосредственно в источнике образования, и лишь небольшая часть мелкодисперсной пыли потоками теплого воздуха увлекается в верхнюю зону цеха.

Возникновение неблагоприятных гигиенических условий труда на рабочих местах операторов и машинистов можно, по-видимому, объяснить нерациональным разме-



щением кабин пультов управления и мостовых кранов вблизи наиболее мощных источников тепловыделений, недостаточной тепло-, газо- и звукоизоляцией кабин; отсутствием теплоотражательных экранов и устройств по ограничению распространения лучистого тепла от технологической линии; наличием перебоев в работе кондиционеров в кабинах пультов управления и их отсутствием в кабинах мостовых кранов.

Существенным фактором, затрудняющим работу операторов и машинистов мостовых кранов по обслуживанию линии непрерывного проката труб, является несоответствие конструкции пультов управления и мостовых кранов требованиям эргономики. Сопоставление размерных соотношений исследованных нами пультов с эргономическими рекомендациями по организации рабочих мест в позе сидя указывает на то, что конструкции пультов управления не соответствуют рекомендуемым размерным соотношениям. На исследуемых нами пультах нет свободного пространства для колен, голеней и стоп. Уровень рабочей поверхности на данных пультах при выполнении операций, не требующих большой точности, на 200—300 мм выше рекомендуемых стандартов, в связи с чем для лучшей обзорности и контроля технологической операции уровень сидения приподнят до 600—700 мм, а для ног устроены нестандартные подставки. Рукоятки управления на пультах расположены в менее удобных и неудобных зонах, а на пульте кольцевой печи рукоятки управления перемещением пода печи размещены за пределами максимальной зоны досягаемости.

Такое размещение рукояток требует от операторов выполнения лишних движений в виде наклона туловища и значительного статического напряжения за счет вынужденной рабочей позы.

Результаты, полученные нами при помощи метода «матрицы связей», показали, что частота связей между рукоятками управления на пультах и особенно на пульте кольцевой печи (рис. 68, I, II) в течение рабочей смены характеризуется большими цифровыми значениями и неравномерностью частоты связей между различными рукоятками. Последнее обстоятельство позволяет сделать вывод о различной значимости используемых рукояток управления, что в свою очередь позволяет дать рекомендации о расположении рукояток с большей частотой связей в оптимальный, удобный для доступа участок зоны



достижимости и о последовательности их размещения на пультах управления. Все это позволит исключить у операторов необходимость при управлении технологическим процессом перемещать правую руку в зону левой и наоборот. Перекрестные движения недопустимы, так как увеличивают траекторию движения, снижают точность, нарушают автоматизм движений и увеличивают психологическую нагрузку на операторов. У операторов пультов управления наблюдается неравномерное распределение нагрузки на правую и левую руки. Усилия, измеряемые на рукоятках револьверного типа, колебались в пределах 0,8—1,5 кгс, на рычагах — соответственно 2—9 кгс, что отвечает требованиям эргономики при организации рабочего места в позе сидя. Однако при манипулировании рукоятками револьверного типа с незначительными усилиями у операторов пультов управления возникали болевые ощущения в лучезапястных суставах, которые связаны с частыми и максимальными поворотами кистей рук в горизонтальной плоскости.

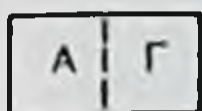
При учете пространственно-временных особенностей зрительного анализатора операторов установлено, что им приходится фиксировать взгляд на обрабатываемой заготовке в пределах  $120^\circ$  по горизонтальной плоскости и  $60^\circ$  вниз по вертикальной плоскости. Данные углы при сравнении с нормативной схемой зон и углов видимости соответствуют предельным углам зон обзора. У операторов пультов кольцевой печи и ножниц при слежении за прокаткой заготовки к прошивному стану приходится осуществлять повороты туловища и головы. Этим значительно осложняется деятельность оператора при управлении технологическим процессом, снижается точность работы, ускоряется наступление утомляемости не только зрительного анализатора, но и всего организма. Недочеты в устройстве пультов, их несоответствие принятым размерным соотношениям приводят к тому, что рабочие позы операторов исследованных нами пультов управления оказываются весьма неудобными (см. рис. 68).

Биомеханический анализ поз операторов подтверждает вывод о нерациональности конструкций пультов управления (табл. 29). Так, из таблицы видно, что повороты головы в горизонтальной плоскости у операторов кольцевой печи и ножниц превышают стандартные пределы на  $5—7^\circ$  (при нормальной рабочей позе этот угол лежит в пределах  $\pm 45^\circ$ ). Наклоны корпуса у операто-



Схема возможных связей

-   +	-   +	+   -	+   +	-   +	+   +	+   -	+
A   Г	В   Д	С   А	Г   В	А   Б	С   Г	В   А	Б

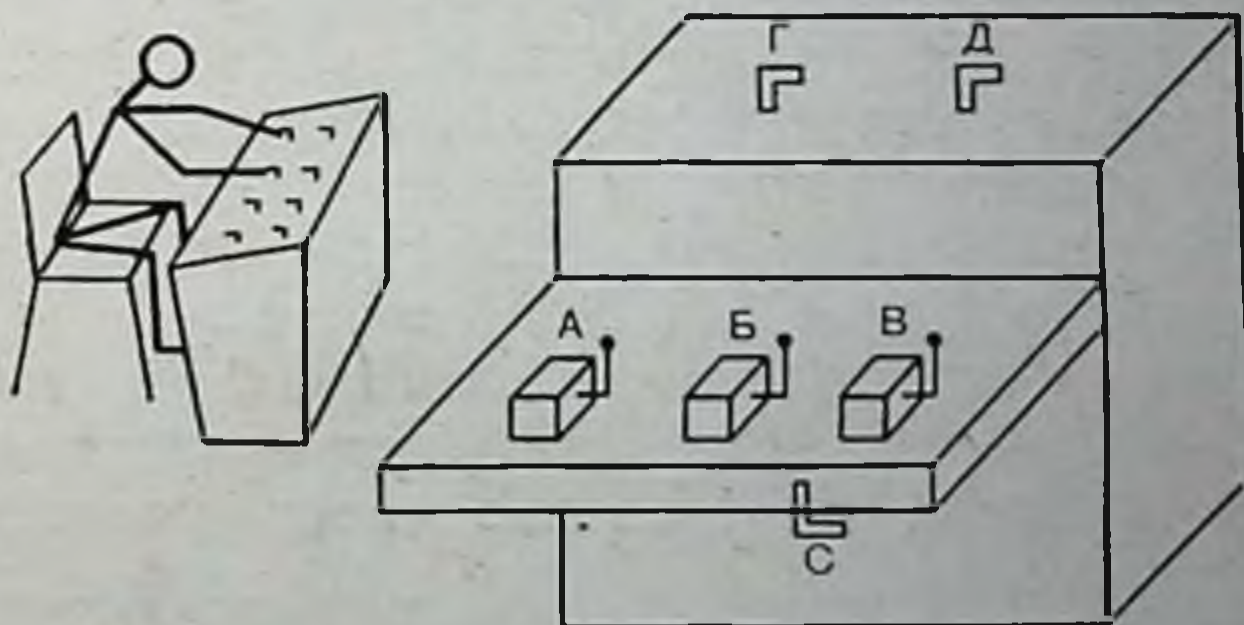


условные обозначения последовательности использования рукояток управления

Матрица связей

№	Органы управления					
	А	Б	В	Г	Д	С
А		1760	1760	1760		1760
Б	3520					
В	1760			1760	1760	
Г	1760		1760			1760
Д			1760			
С	1760			1760		
Число связей за смену	8800	1760	5280	5280	1760	3520

I



II

Рис. 68. Анализ связей на пульте управления кольцевой печи Никопольского завода (I). Рабочая поза оператора при выполнении производственных операций на одном из пультов управления непрерывной прокатки бесшовных труб (II).

+ правая рука; - левая рука.



ров колеблются в пределах угловых величин  $10—18^\circ$ , что превышает величины, характерные для нормальной рабочей позы ( $7—9^\circ$ ). Наблюдаются значительные различия в углах между бедром и голенью правой и левой ноги операторов кольцевой печи.

Таблица 29

Средние колебания величины углов между звеньями тела у операторов пультов управления.

Группы исследуемых	Поворот головы в горизонтальной плоскости	Поворот корпуса	Наклон корпуса	Угол между корпусом и бедром	Угол между бедром и голенью	
					правая нога	левая нога
Операторы кольцевой печи	45— 50°	32— 35°	16— 18°	118— 125°	130— 140°	45— 50°
Операторы прошивного стана	20— 30°	5— 8°	9— 12°	100— 110°	95— 105°	—
Операторы непрерывного стана	21— 35°	21— 26°	10— 15°	107— 115°	118— 130°	118— 130°
Операторы ножниц	48— 52°	30— 32°	14— 15°	120— 127°	117— 120°	—

На рис. 69, А приведен схематический план рабочего места машиниста и размещения рычагов управления мостовым краном. Как видно, расположение последних на боковых стенках кабины не соответствует эргономическим требованиям, в результате чего машинист (рис. 69, Б) при управлении краном вытягивает руки в сторону и отводит их от средней плоскости тела на  $120—140^\circ$ , за пределы зоны досягаемости. При управлении рукоятками машинистам мостовых кранов приходится осуществлять движения одновременно двумя руками в различных направлениях: вперед—назад, вбок и вращательные, а также в различных плоскостях — горизонтальной и вертикальной. Часто машинисты мостовых кранов производят работу стоя в вынужденной рабочей позе с наклонами тела под углом  $50—60^\circ$  от вертикали и поворотами головы до  $225^\circ$  по горизонтали. Это вызвано конструктивными недочетами кабины в отношении организации зон обзора.



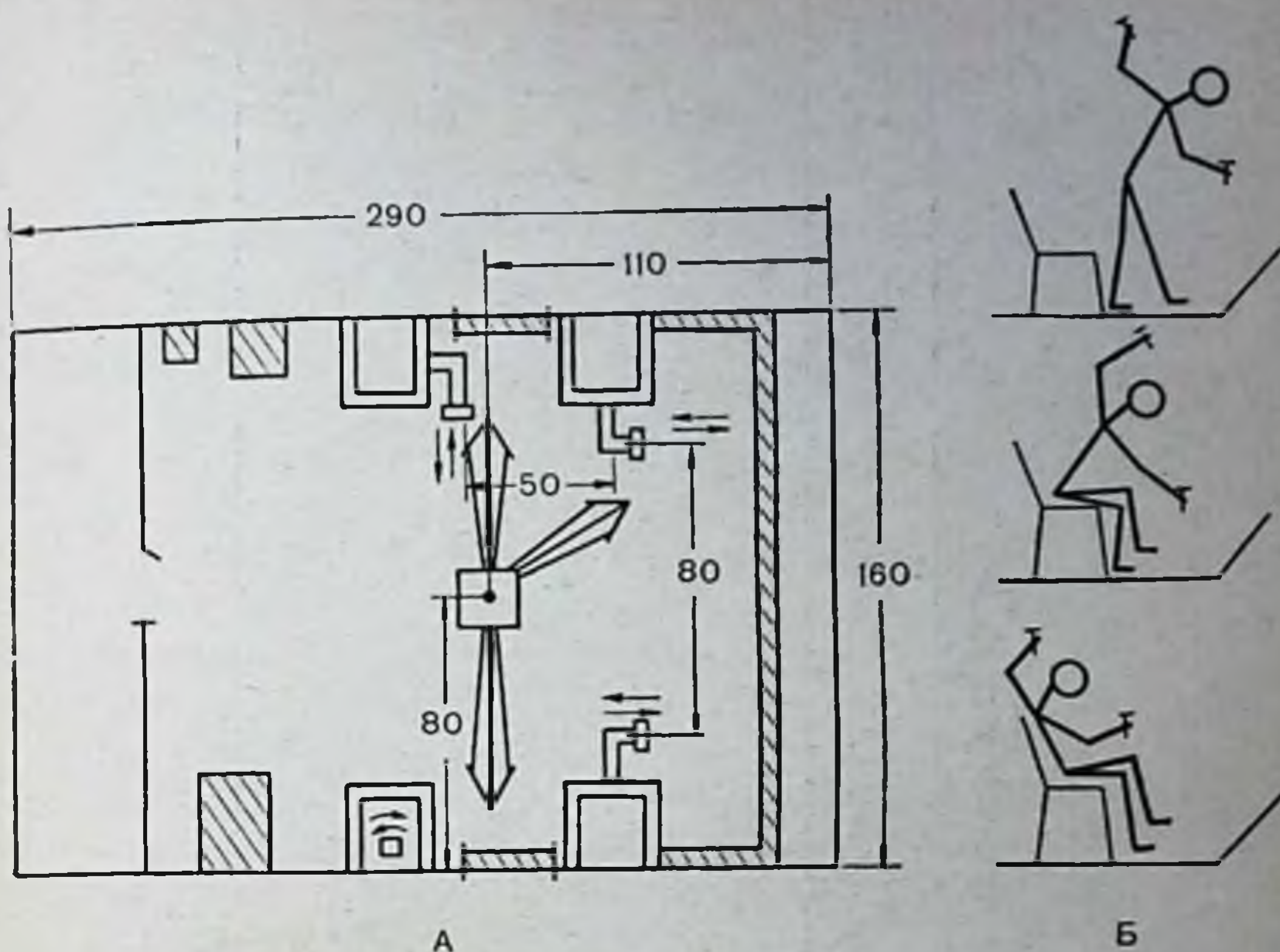


Рис. 69. План рабочего места крановщицы в кабине мостового крана Никопольского завода (А). Рабочая поза крановщицы мостового крана во время выполнения производственного задания (Б).

Развиваемые машинистами максимальные усилия при управлении рычагами составляют 5 кгс, маховиками — 6—8 кгс. Усилия в 6—8 кгс при работе рычагами в позе сидя не рекомендуются, так как это невыгодно энергетически для организма и значительно снижает точность и оперативность работы машиниста.

Устройство рабочих стульев и табуреток, используемых в кабинах кранов и пультов управления, не соответствует физиологическим требованиям эргономики (малая площадь сидения, отсутствие подлокотников и устройства регулирования сидения по высоте и т. д.).

При этом следует учесть, что работа машинистов и особенно операторов характеризуется высокой степенью напряженности. Результаты хронометражных исследований баланса рабочего времени операторов представлены в табл. 30. Как видно из таблицы, у операторов наблюдается значительная загруженность рабочего дня (86—96%). Незначительный процент времени уходит на выполнение вспомогательных операций. Однако этот по-



Таблица 30

## Баланс рабочего времени операторов пультов управления

Место проведения хронометража	Наименование основной операции	Основная операция, %	Вспомогательная операция, %	Простой (ремонт), %	Личное время, %	Итого за смену, %
<b>Пульт управления:</b>						
кольцевой печи	Выдача горячей заготовки	80,0	6,5	9,3	4,2	100
		83,0— 92,2	5,5— 2,8	8,5— 2,0	3,0— 3,0	100 100
прошивного стана	Прошивка заготовки	85,0— 94,1	6,0— 1,9	6,2— 1,2	2,8— 2,8	100
		непрерывного стана	Прокатка гильзы	89,5	3,5	2,5
кабины секционной печи	Выдача горячей заготовки					



казатель является важным, если учесть, что операторы в этот момент находятся непосредственно вблизи нагретого металла и подвергаются действию лучистого тепла— 2—5 кал/(см<sup>2</sup>·мин); 1,2—9,3% рабочего времени уходит на производственные простои. При этом их нельзя считать перерывами в работе, так как в это время операторы при внешне кажущемся бездействии оценивают обстановку, намечают программу ближайших действий и по условному сигналу возобновляют работу. Такое состояние у операторов можно обозначить как оперативный покой. По А. А. Ухтомскому (1952), это есть «...более организованная срочная готовность к действию». С другой стороны, производственные простои нарушают относительно постоянный ритм работы, и ощущения запаздывания, связанные с ними, неблагоприятно сказываются на состоянии операторов.

О напряженности труда операторов мы судили по количеству элементов операции, затрачиваемых на обработку труб (табл. 31). Из таблицы видно, что операторы выполняют 650—3300 управленческих действий с поворотами головы до 225—300 раз за 1 ч.

Степень напряженности труда операторов пультов по количеству повторно выполняемых действий, по критериям тяжести и напряженности труда, рекомендуемых Институтом труда (Единые требования НОТ. М., 1967), выходит за рамки всех категорий, предусмотренных этими критериями. Как известно, этими критериями допускается выполнение до 180 повторяемых в 1 ч операций и всякое превышение этого критерия рассматривается как основание для утяжеления категории оценки труда.

Установлено, что среднее время, затрачиваемое на операции по обработке одной трубы, на разных пультах колебалось от 5,1 до 14,5 с. Последнее обстоятельство говорит о том, что, несмотря на заданный высокий темп работы, не все операторы пультов управления находятся в одинаково жестких временных условиях, что, по-видимому, может сказываться в какой-то степени на различиях в напряженности их труда.

Показателем напряженности работы операторов является также большое количество разговоров по радиосвязи, каждый из которых направлен на решение определенной производственной задачи. Количество разговоров по радиосвязи составляет в среднем 14—25 в 1 ч.



Таблица 31

Средние данные о количестве операций, элементов операций и времени на операцию у операторов пультов управления

Объекты исследования	Количество операций в 1 ч	Количество элементов операций в 1 ч	Количество элементов операций, выполняемых на одно изделие		Время на операцию, с	Количество разговоров по радиосвязи в 1 ч	Количество воротов головы в 1 ч
			правой рукой	левой рукой			
Пульт управления:							
кольцевой печи	220	3300	5—10	5—10	14,5	25	300
прошивного стана	220— 325	650— 1100	1—2	1—2	5,1— 10,4	18—20	—
непрерывного стана	220— 325	1400— 1540	3—5	1—2	7,2—12	14—23	
кабины секционной печи	325	1950	2—4	2—4	9	15	225



Результаты хронометражных наблюдений показали, что загруженность дня машинистов мостовых кранов меньше, чем у операторов, и составляет 64—88% рабочего времени. Из общей загруженности дня работа над печами составляет 14—48% рабочего времени. Производственные простои у машинистов составляют 8—20% времени. Последние также, как и у операторов, нельзя считать перерывами, так как в течение этого времени машинистам приходится находиться в кабине и контро-

Таблица 32

Среднее количество и направление движений руками, совершаемых машинистами при управлении краном в течение рабочей смены

Профессиональные группы	Направление движений				Количество движений за смену
	движения в вертикальной плоскости (рычаги)			вращательные движения в горизонтальной плоскости (маховики) по часовой и против часовой стрелки	
	вбок	вперед	назад		
Машинисты мостового крана, обслуживающие кольцевую печь	380	400	320	100	1200
Машинисты мостового крана, обслуживающие секционную печь	50	—	—	1790	1840

лировать производственные процессы. Количество движений у машинистов за смену составляет около 1200—1800 (табл. 32). На основании полученных фотографий рабочего дня выявлено, что удержание тела во время работы при наклоне туловища вперед под углом 50—60° от вертикали занимает у машинистов 30—42% рабочего времени.

Таким образом, работа операторов и машинистов мостовых кранов трубопрокатного производства характеризуется значительной нервной напряженностью, связанной с большим количеством производственных операций,



поступающей звуковой и зрительной информации, высоким темпом и точностью обработки заготовок, значительным статическим напряжением, возникающим за счет неудовлетворительной организации рабочих мест. Дополнительными факторами, затрудняющими работу операторов и машинистов, являются неблагоприятные гигиенические условия труда. Оценка состояния различных систем организма в процессе работы у операторов и машинистов выявила определенную направленность физиологических сдвигов в сторону снижения работоспособности, т. е. развития общего утомления.

Результаты исследований центральной нервной системы показали, что наиболее выраженное увеличение времени зрительно-моторной реакции к концу работы наблюдается у операторов кольцевой печи (с 220 до 260 мс), секционной печи (с 207 до 245 мс), в меньшей степени — у операторов непрерывных станов (с 218 до 245 мс) и менее всего — у операторов прошивных станов (с 215 до 230 мс). Различия в величине сдвигов этого показателя можно объяснить различной степенью напряженности труда операторов на этих участках. Указанные сдвиги и различия достоверны ( $p < 0,01$ ). Увеличение времени зрительно-моторной реакции у машинистов при обслуживании кольцевой печи происходило с 219 до 241 мс, секционной — с 208 до 231 мс.

У операторов и машинистов найдено достоверное увеличение скрытого времени дифференцировочной реакции, разницы между продолжительностью скрытого времени до и после дифференцировки и числа ошибок к 4—5-му часу и к концу рабочей смены ( $p < 0,05$ ).

Исследование функции внимания у операторов и машинистов, полученное с помощью таблиц Грюнбаума, показало достоверное увеличение времени выполнения задания и числа ошибок от начала к концу работы ( $p < 0,01$ ).

Результаты исследований с использованием колец Ландольта показали достоверное снижение скорости переработки зрительной информации и увеличение времени выполнения задания и количества ошибок ( $p < 0,01$ ).

О функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы у операторов и машинистов мы судили по изменению ряда показателей. Так, данные электрокардиографии показали, что основным доминирующим направлением изменений вольтажа зубца *P* является увеличение



его к концу работы, зубца *R* — уменьшение у операторов печей непрерывного стана и увеличение у операторов прошивного стана и машинистов мостовых кранов. Вольтаж зубца *T* в 34,2—41,8% случаев уменьшался и в 40—50% случаев увеличивался.

Интервалы *QT* и *RR* у операторов и машинистов укорачивались в полном соответствии с частотой пульса. Частота пульса у операторов и машинистов увеличивалась в среднем на 10—15 уд/мин за смену ( $p < 0,01$ ), в продолжении которой она была стабильна.

Результаты исследований максимального артериального давления показали, что происходит повышение его у операторов печей непрерывного и прошивного станов на 6—12 мм рт. ст. по сравнению с исходной величиной, а у машинистов — снижение на 8—10 мм рт. ст. Что же касается минимального артериального давления, то оно у операторов увеличивалось на 4—6 мм рт. ст., а у машинистов снижалось на 5—6 мм рт. ст.

Систолический объем у операторов и машинистов по расчетной формуле увеличивался на 2—6 мл, минутный объем крови — на 1,5 л, коэффициент эффективности кровоснабжения — на 1,2 условной единицы.

Результаты исследований состояния работоспособности нервно-мышечного аппарата показали, что у операторов печей непрерывного стана выносливость мышц спины снижается к концу работы до 76,8%, а мышц верхних конечностей — до 75,0%. В меньшей степени снижение выносливости наблюдается у операторов и машинистов прошивного стана, у которых этот показатель к концу работы для мышц спины снижается до 84%, а для верхних конечностей — до 86%. Показатель абсолютной работоспособности у операторов и машинистов имеет такую же закономерность изменения в течение рабочей смены, как и показатель выносливости.

Данные исследований аппарата терморегуляции показали повышение температуры тела у операторов с 36,4 до 37,0°C, у машинистов с 36,2 до 37,2°C. По ходу рабочей смены у операторов происходило увеличение температуры кожи и ее средневзвешенного значения в среднем на 1,5—2,5°C, у машинистов на 1,8—3,1°C. На напряжение терморегуляции у операторов и машинистов указывает снижение градиента грудь — кисть и грудь — голень. Исследования теплового потока и его средневзвешенного значения показали, что плотность теплового потока



значительно снижается на лбу, тыле кисти и в меньшей степени на других измеряемых участках тела операторов и машинистов. Значительное снижение средневзвешенной теплового потока наблюдалось у машинистов. Последнее обстоятельство, по-видимому, связано с более высокой температурой воздуха на рабочем месте по сравнению с операторами, что в свою очередь затрудняет теплоотдачу путем излучения.

Результаты исследований потоотделения указывают на то, что наиболее интенсивное потоотделение у операторов и машинистов происходит на лбу и груди и в меньшей степени — на тыле кисти. Возрастание потоотделения у операторов можно связать со значительной физической нагрузкой на фоне неблагоприятных микроклиматических условий, а у машинистов — в основном с высокой температурой воздуха. Разная степень сдвигов физиологических показателей изучаемых профессий обусловлена в первую очередь характером труда и степенью организации рабочих мест.

С целью снижения тяжести и напряженности труда операторов и машинистов были разработаны эргономические рекомендации.

1. Пульты управления частично или полностью автоматизированы.

2. Подача заготовки на прошивной стан осуществляется двумя операторами сразу с двух кольцевых печей, что позволило перераспределить нагрузку между этими операторами.

3. С целью улучшения обзорности у операторов и машинистов в кабинах установлены специальные зеркала автомобильного типа.

4. На рабочих местах операторов и машинистов установлены удобные кресла. На пультах управления организовано пространство для ног.

5. В кабинах пультов управления налажена подача воздуха из кондиционеров и вентиляторов.

6. Для борьбы с лучистым теплом в кабинах операторов кольцевой печи установлены смотровые окна из оргстекла сине-зеленого цвета.

Проверка эффективности эргономических рекомендаций показала положительные результаты в отношении оздоровления условий труда у операторов.

Так, данные гигиенических исследований показали, что температура воздуха на рабочих местах операторов



по сравнению с предыдущими значениями снизилась на  $2-5^{\circ}\text{C}$ , увеличилась скорость движения воздуха до  $0,5-0,7$  м/с, практически отсутствует в кабинах операторов кольцевой печи инфракрасное излучение.

Результаты хронометражных исследований показали, что у операторов кольцевой печи снизилось количество движений руками по управлению рукоятками с 3420 до 2625 в 1 ч и устранилось до 300 поворотов головы и туловища в 1 ч. У операторов непрерывного и прошивного станов исключены движения по управлению рукоятками, в результате чего за ними остались функции наблюдения и контроля.

Результаты исследований центральной нервной системы показали укорочение простой зрительно-моторной реакции у операторов к концу работы. Достоверное укорочение последней наблюдалось у операторов кольцевой печи — до  $240 \pm 5,2$  мс, секционной печи — до  $225 \pm 5,0$  мс ( $p < 0,05$ ). Время выполнения задания и количество ошибок по тесту Грюнбаума достоверно снизилось у операторов печей и непрерывного стана ( $p < 0,05$ ).

Со стороны сердечно-сосудистой системы операторов наблюдалось снижение частоты пульса на  $5-8$  уд/мин, максимального артериального давления до  $110-120$  мм рт. ст.

Результаты исследований нервно-мышечного аппарата у операторов показали достоверное повышение выносливости мышц спины и верхних конечностей.

Таким образом, положительная оценка эффективности эргономических рекомендаций подтверждает практическую целесообразность их применения при разработке и организации рабочих мест в трубопрокатном производстве.

Внедрение этих рекомендаций существенным образом улучшает условия работы на трубопрокатных предприятиях, что способствует повышению производительности труда, уменьшению утомляемости, созданию безопасных условий труда и снижению заболеваемости. Кроме того, изложенные выше материалы могут быть широко использованы на стадии проектирования технологических процессов и оборудования в черной металлургии и, в частности, в трубопрокатном производстве.



## Операторы-вычислители клавишных ЭВМ

Научно-технический прогресс связан с автоматизацией обработки всякого рода вычислений, необходимых для народного хозяйства. В связи с этим на предприятиях, учреждениях и в ведомствах расширяется сеть машиносчетных станций, вычислительных центров, где широко используется труд операторов-вычислителей, обслуживающих различного рода вычислительную технику. Средства вычислительной техники непрерывно совершенствуются. В настоящее время механические счетные машины быстро вытесняются электронно-вычислительными, наибольшее распространение среди которых имеют настоящие клавишные электронно-вычислительные машины (КЭВМ).

При осуществлении вычислительными центрами автоматизации вычислений сам труд операторов-вычислителей не всегда организован в соответствии с требованиями эргономики.

Настоящие данные представлены на основе изучения характера и условий труда операторов клавишных электронно-вычислительных машин в одном из цехов ВЦ ЦСУ СССР.

Операторы этого цеха работают на современных КЭВМ «Соemtron», имеющих табло с цифровыми индикаторами. Схемой этой машины предусматривается бесшумность работы, она практически мгновенно выполняет все операции, имеет бесконтактную клавиатуру, обеспечивающую малое усилие нажатия и небольшой ход клавиш.

Функции оператора заключаются в том, чтобы решать, на основании имеющейся инструкции, задачи, которые им предлагаются. Работа на машине, набор чисел и вычисления производятся оператором левой рукой «слепым» трехпальцевым методом, а запись полученного результата — правой рукой карандашом на листе бумаги.

Характер выполняемой работы различен. Некоторые операторы в течение смены выполняют сложные задачи, применяя различные виды вычислений: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень и т. д. Преобладающее же большинство в течение всей смены выполняют только одно действие — суммирование, и многие операторы отмечают однообразие выполняемой ра-



боты. Выполнение работы, однако, требует значительно-го напряжения внимания и логического осмысливания получаемых результатов. Как показали наблюдения, оператору за смену приходится производить свыше 100 000 (в отдельных случаях до 140 000) быстрых и точных ударов по клавиатуре.

Рабочие места операторов оборудованы обычными канцелярскими столами и стульями, не имеющими регулировки. КЭВМ устанавливается на поверхности стола, что приводит к повышению высоты рабочей поверхности. Полная неприспособленность указанной мебели к специфике работы вынуждает операторов для работы на клавиатуре машины высоко поднимать левую руку и длительно удерживать ее на весу, вытянув вперед (рис. 70). Такая неудобная рабочая поза приводит к возникновению излишних статических напряжений мышц плеча и плечевого пояса и значительно повышает утомительность работы. Многие операторы предъявляли жалобы на усталость и боли в области левой лопатки (33,3% всех опрошенных лиц), левого плеча (26,2%) и левого локтевого сустава (21,4%). Большое количество жалоб на усталость и боли в кисти и пальцах левой руки (соответственно 40,5 и 28,6%) зависело, очевидно, не столько от неудобства позы, сколько от метода работы на клавиатуре КЭВМ.

Как было указано выше, операторы работают по трехпальцевой системе; для ударов по клавишам КЭВМ используются указательный, средний и безымянный пальцы. На каждый из этих пальцев распределены определенные клавиши КЭВМ. Однако, как показало применение матричной методики оценки распределения нагрузки по пальцам, это распределение оказалось неравномерным: на средний и безымянный пальцы приходилось примерно по 25% сменной нагрузки, а на указательный — около 50%. Более детальный анализ показал, что около половины нагрузки, приходящейся на указательный палец, падает на ударение по клавише + (рис. 71).

Можно отметить, что напряженный умственный труд, сочетающийся с элементами легкого, однообразного физического труда, требует от оператора высокой скорости движений пальцев левой руки, точности выполнения производственного задания, высокой нагрузки на зрительный анализатор, огромной концентрации внимания





А



а



б



в



Б



а



б



в

Рис. 70. Рабочее место оператора КЭВМ до (А) и после реконструкции (Б).

а, б, в — схематическое изображение в трех позициях.





Рис. 71. Распределение нагрузки по пальцам при существующей и рекомендуемой клавиатуре.

в условиях вынужденной рабочей позы и постоянного удержания левой руки на весу.

Такая неблагоприятная характеристика труда приводит к значительной утомительности работы операторов КЭВМ. Объективным подтверждением утомительности труда операторов явились анализ их работоспособности по величине почасовой динамики производительности труда и результаты физиологических исследований.

Производительность труда операторов в течение рабочей смены изменяется. Самой высокой она является в первые два часа работы и соответственно составляет 14,8 и 16,6% от всей сменной выработки, принятой за



100%. В течение третьего часа работы наблюдалось снижение производительности до 12,9%. После обеденного перерыва отмечалось повышение ее на 0,9%. В последующие часы работы это повышение не сохраняется, в последний час производительность труда составляла всего 8,3%.

Такое изменение производительности труда говорит о снижении работоспособности операторов, особенно выраженном в конце смены.

По результатам физиологических исследований выявлены наиболее значительные изменения показателей, отражающих состояние центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата. От начала к концу смены было обнаружено значительное снижение лабильности зрительного анализатора, удлинение скрытого времени зрительно- и слухомоторной реакции, падение выносливости мышц рук (особенно левой) и станových мышц ( $p$  от  $<0,05$  до  $0,001$ ). Динамика сухожильных рефлексов левой и правой руки указывает на более выраженные изменения в состоянии этих рефлексов для левой руки.

Таким образом, материалы по изучению функционального состояния центральной нервной и мышечной систем указывают на развитие в процессе трудовой деятельности у операторов утомления в течение рабочей смены.

Приведенные фактические данные о характере труда операторов КЭВМ, о существующей организации их рабочих мест, о динамике их физиологического состояния по ходу рабочей смены указывают на необходимость рационализации труда и отдыха операторов, реконструкции их рабочих мест и некоторой переделки клавишной системы КЭВМ в соответствии с требованиями эргономики.

В целях нормализации рабочей позы операторов, ведущей к снижению величины излишних статических напряжений и утомлению при работе, разработана и внедрена новая конструкция рабочего места.

В предложенной конструкции рабочего стола выбраны размерные соотношения, соответствующие эргономическим рекомендациям для рабочей позы сидя, и предусмотрены площадка для размещения машины, расположенная ниже уровня поверхности, и опора для работающей руки. Размещение вычислительной машины на



площадке позволяет как бы «утопить» машину, ее клавиатура становится продолжением поверхности стола, и оператор свободно может нажимать на клавиши машины, не отрывая левую руку от опоры. Правая часть стола предназначена для правой руки и обрабатываемого материала. В центральной части стола сделан вырез, позволяющий оператору приблизиться к машине. Все эти конструктивные особенности нового стола при одновременном использовании стула с регулируемыми по высоте сидением и спинкой, а также регулируемой подставкой для ног позволили уменьшить статическую нагрузку на мышцы левой руки и нормализовать рабочую позу оператора (см. рис. 70).

Для более равномерного распределения нагрузки на пальцы левой руки дана рекомендация несколько изменить конструкцию клавишной системы КЭВМ, чтобы часть нагрузки указательного пальца, связанную с включением клавиши + (около 50% всей работы указательного пальца), передать большому пальцу. Для облегчения работы по новому четырехпальцевому методу клавишу + предложено переместить вниз в оптимальную зону для большого пальца (см. рис. 71).

Проведено изучение эффективности рационализации рабочего места путем сравнительной оценки рабочей позы операторов при выполнении производственного задания на новом и старом рабочих местах. Исследования на новом рабочем месте проводились после одного месяца работы.

Специальное изучение уровня биоэлектрической активности мышц, принимающих наибольшее участие в поддержании работающей руки оператора в рабочем положении (двуглавая мышца плеча, передняя и средняя порции дельтовидной мышцы, трапецевидная), показало, что эти мышцы были значительно менее активны, т. е. принимали меньшее участие в статической работе по поддержанию позы, при работе за новым рабочим местом, чем за старым (рис. 72). Биоэлектрическая активность основных работающих мышц предплечья (поверхностный сгибатель пальцев, лучевой и локтевой сгибатели кисти, поверхностный разгибатель пальцев) оказалась также наименьшей за новым рабочим местом.

Большая рациональность рабочей позы при работе за новым рабочим местом подтверждается также результатом исследований функционального состояния других



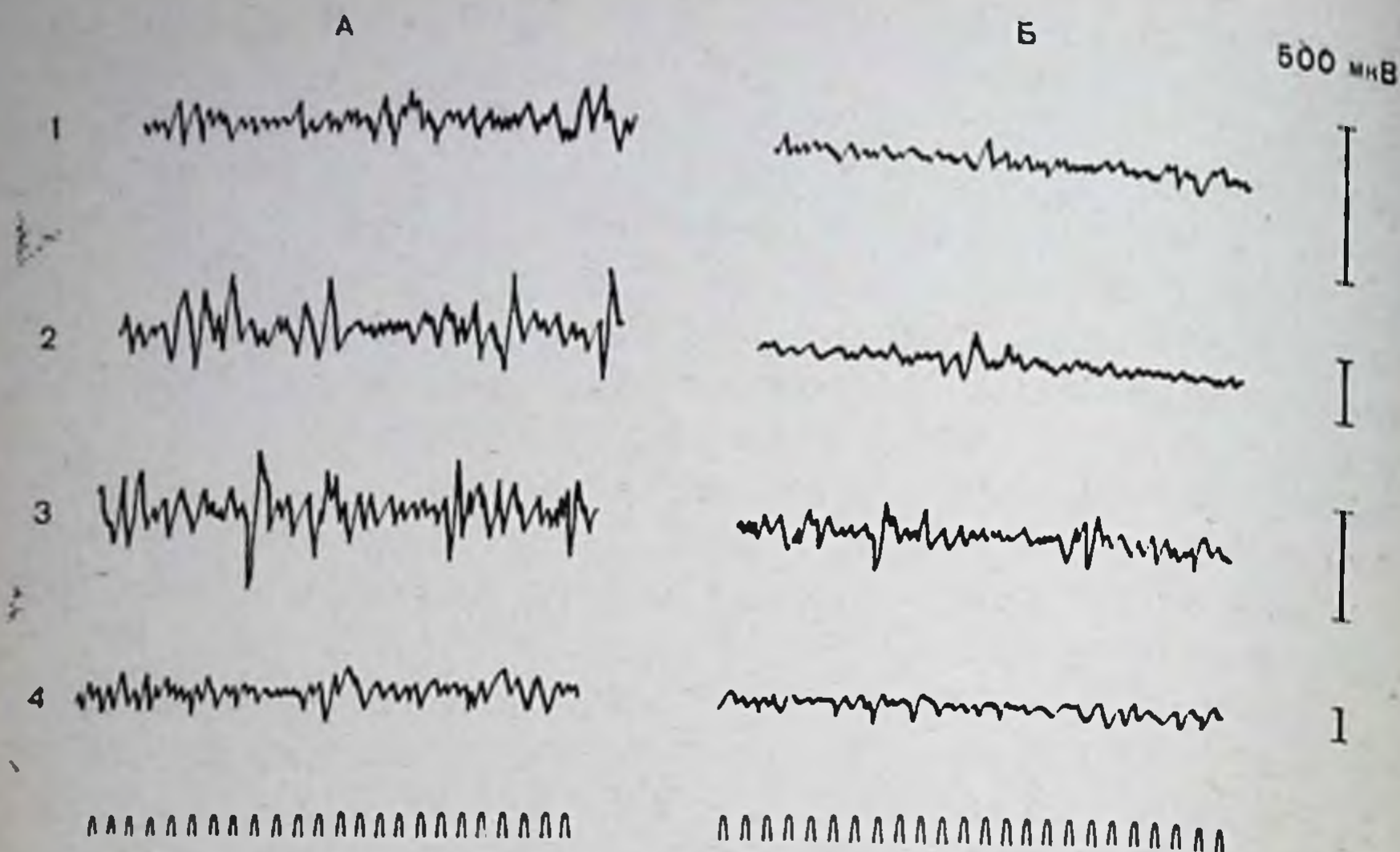


Рис. 72. Электромиограммы исследованных мышц при работе операторов за старым (А) и новым (Б) рабочими местами.

1 — двуглавая мышца плеча; 2 — передняя порция дельтовидной мышцы; 3 — средняя порция дельтовидной мышцы; 4 — трапецевидная мышца. Внизу отметка времени 50 кол/с.

систем организма операторов. Так, при работе на новом рабочем месте у операторов КЭВМ произошло достоверное ускорение реакций на свет и звук. Выносливость мышц указательного пальца работающей руки у операторов, выполняющих производственное задание на новом рабочем месте, была к концу смены на 28,9% больше, чем у работающих на старом рабочем месте.

Наряду с физиологическими исследованиями, показавшими некоторое улучшение функционального состояния центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата, у всех операторов отмечено повышение производительности труда как в первую, так и во вторую половину рабочей смены. При работе на новом рабочем месте она была выше в среднем на 2,7%.

Организация рабочих мест операторов КЭВМ в соответствии с требованиями эргономики значительно повышает производительность их труда и снижает утомляемость, что подтверждает высокую эффективность эргономических рекомендаций и принципа соответствия конструкций производственного оборудования анатомо-физиологическим особенностям человека.



## Конвейерные линии с чередованием ручных и автоматизированных операций

На ряде производств автоматизация приводит к организации конвейерных линий обработки изделий с чередованием высокоавтоматизированных и ручных операций.

На таких линиях операторы, выполняющие ручные операции вслед за современными высокопроизводительными автоматами, попадают в условия необходимости успевать за этими автоматами и выполнять вследствие этого очень напряженную работу. Эргономический анализ такого способа автоматизации был осуществлен, в частности, на линиях розлива вин на Московском заводе плодово-ягодных и виноградных вин (С. И. Горшков и др., 1976). На линиях розлива вин этого завода, а также и на других заводах автоматизированы операции мойки бутылок, розлива вин в бутылки и наклейки этикеток. Эти автоматы легко обрабатывают за 1 ч по 6000 бутылок, существуют также и еще более высокопроизводительные автоматы для этих операций. Операции по укупорке налитых автоматом бутылок пробками, их разбраковке и упаковке в ящики выполняются вручную. На укупорке бутылок стоят две работницы, на разбраковке — одна, на упаковке — три. Таким образом, укупорщицы, чтобы успеть за наливным автоматом, должны укупорить в 1 ч по 3000 бутылок, браковщицы разбраковать 6000 бутылок, а упаковщицы обработать по 2000 бутылок каждая. Как видно, все эти ручные операции представляют собой в высшей степени однообразные, монотонные и напряженные работы, далеко выходящие за пределы норм «единых требований НОТ» для повторяемых операций. О напряженности этих видов труда можно также судить по выраженности физиологических сдвигов, по показателям состояния нервной, мышечной и других систем организма работниц, выполняющих эти ручные операции.

На одной из пяти линий розлива вин этого завода были оборудованы также автоматы для укупорки бутылок пробками типа «Шампанского» и по их укладке в ящики, в связи с чем удалось сравнить физиологические сдвиги при однотипных ручных и автоматизированных операциях. По показателям общей работоспособности и работоспособности нервной и мышечной систем опера-



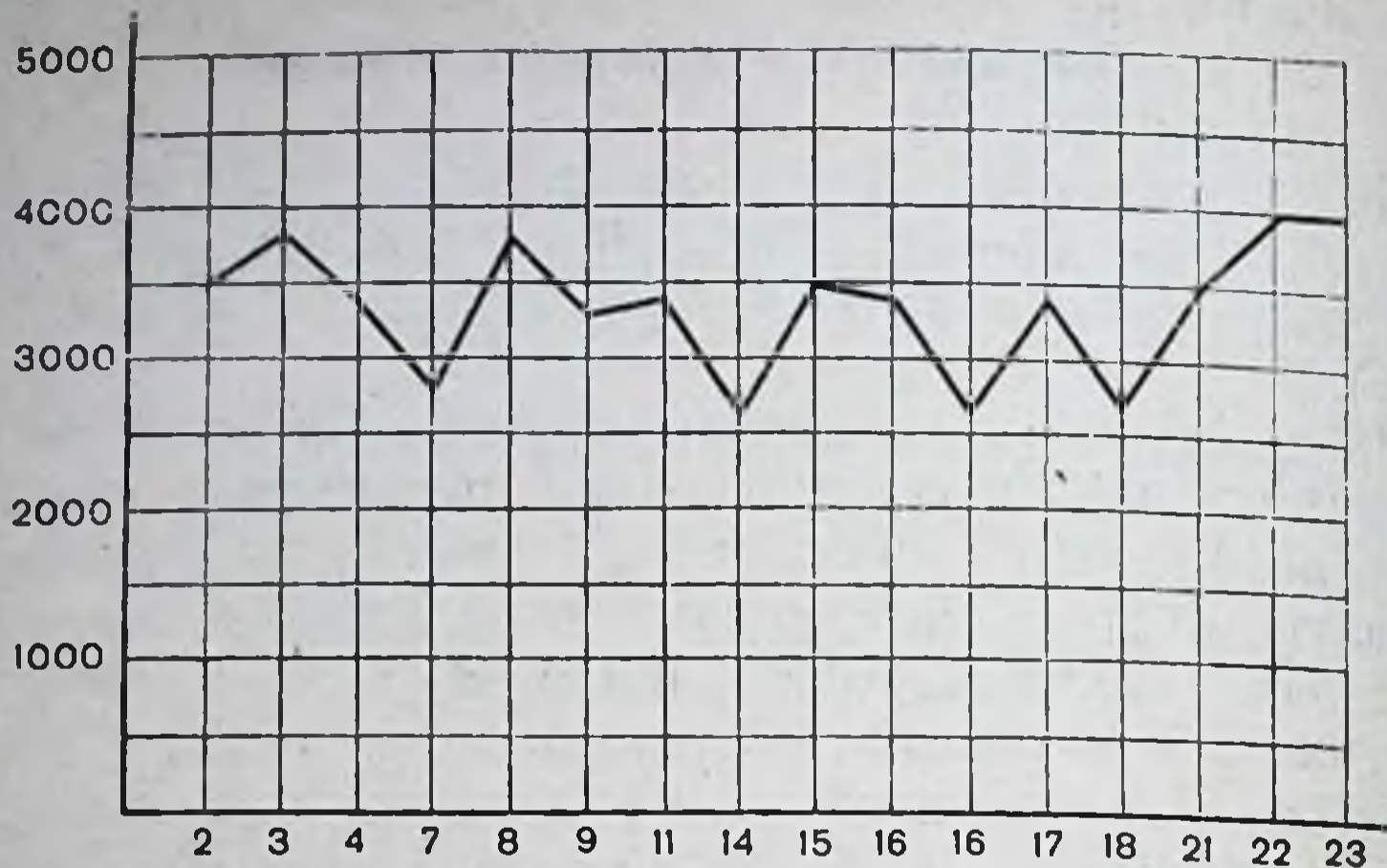


Рис. 73. Динамика дневной выработки линии розлива вин.

По оси ординат — выработка в бутылках; по оси абсцисс — дни работы в сентябре.

торы ручной упаковки имели более выраженные сдвиги, чем операторы автоматизированной упаковки.

Такая напряженность труда операторов ручных операций отражается на работе всей линии розлива.

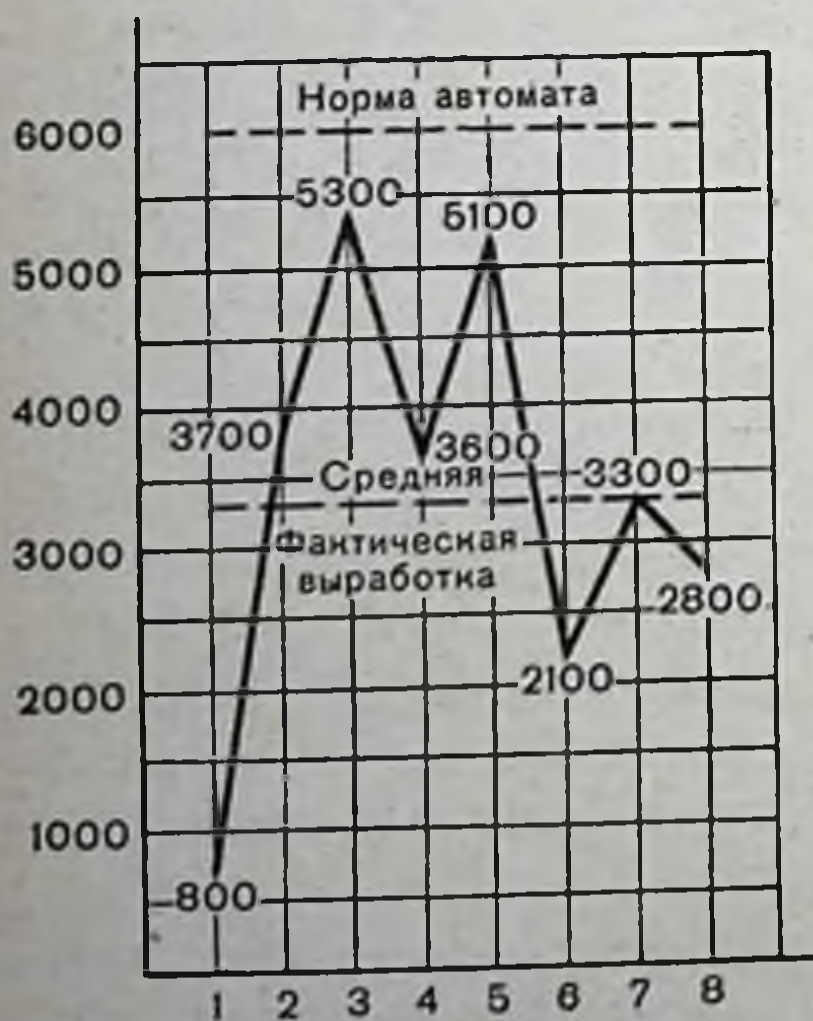


Рис. 74. Выработка линии розлива вин по часам работы.

По оси ординат — выработка в бутылках; по оси абсцисс — часы работы.

На рис. 73 показана динамика дневной выработки в течение месяца. Видно, что при производительности автоматов 6000 бутылок в 1 ч выработка линии в целом была около 3500 бутылок и только дважды она составила около 4000 бутылок в 1 ч. Фактически почасовая выработка линии, представленная на рис. 74, указывает на резкие колебания выработки по часам работы. Как видно из графика, она колеблется в отдельные часы от 850 до 5300 бутылок, составляя, как указа-





Рис. 75. Количество и время микропростоев на различных участках линии розлива вин.

но, в среднем за день около 3500 бутылок. Причина такой неравномерности выработки линии и ее отставаний от нормативной (от выработки автоматов) хорошо разъясняется рис. 75, на котором показаны простои на отдельных участках линий по их количеству и продолжительности. Хорошо видно, что количество простоев на таких ручных операциях, как укупорка и укладка бутылок, составляет 150—250 за смену и что их суммарная продолжительность колеблется от 30 до 100 мин за смену. Характерно, что количество простоев и их продолжительность при автоматизированных операциях намного больше, чем при ручных операциях, что указывает на нецелесообразность включения автоматов после ручных операций, так как автоматы простаивают как при простоях операторов ручных операций, так и тогда, когда они работают. Так получается потому, что скорость работы автоматов намного выше скорости работы операторов ручных операций.

К этому необходимо добавить, что организация рабочих мест на линиях розлива вин не соответствует требованиям эргономики также по размерным соотношениям. Высота рабочей поверхности укупорщиц выше рекомендуемой, ввиду чего руки укупорщиц находятся постоянно на весу, почти на уровне плеча. Так как тара с пробками расположена между животом и конвейерной линией, то до бутылок для их укупоривания приходится



тянуться, из-за чего появляется очень напряженная поза. Укупорщицы сидят на высоком табурете без подставки для ног, что способствует еще большему напряжению позы, при которой нужно укупорить до 3000 бутылок в 1 ч.

Рабочее место браковщицы также не соответствует требованиям эргономики. Она сидит на высоком табурете без подставки для ног. Так как просматриваемые бутылки поднимаются на рабочем месте высоко вверх (выше уровня головы), то браковщицы работают с поднятой головой, с руками, вытянутыми на высоте плеч вперед, с напряженным положением мышц туловища, наклоненного вперед.

Для ручной укладки бутылок характерна высокая физическая тяжесть работы, которая при укладке с линии в ящики 1800—2000 бутылок составляет на 1 ч до 3 т груза и за смену до 24 т, что намного превышает оптимальные величины сменных нагрузок для женщин. При автоматической укладке бутылок, хотя они и снимаются с линии автоматом и им же укладываются в ящики, укладчице приходится заготавливать пустые ящики для автомата, сталкивать заполненные ящики на линию конвейера и при этом принимать очень неудобные рабочие позы.

Таким образом, следует сказать, что организация конвейерных линий на ряде производств с чередованием ручных и автоматизированных операций таит в себе ряд недочетов в организации труда, устранение которых требует завершения автоматизации всех рабочих операций этих линий.

### **Прядильно-ткацкое производство**

Процесс совершенствования машин и производственного оборудования идет непрерывно в полном соответствии с совершенствованием технологии. Исходным моментом для усилий конструкторов в этом процессе являются новые требования технологии. Обычно на них именно и направлены творческие поиски конструкторов.

Однако, помимо указанных требований, в конструкции машин и производственного оборудования должны быть учтены и требования, вытекающие из наиболее оптимальных условий соотношений в эргономической системе человек — машина.



Решение проблемы человек — машина с гигиенической и физиологической точки зрения может быть успешным лишь в том случае, когда максимум производительности труда достигается при гарантии сохранения здоровья работающего за все время трудовой деятельности. Поэтому качество машин, используемых в производстве, должно оцениваться не только по их продуктивности, но и по тому влиянию на здоровье и работоспособность, которое может иметь место как за счет ухудшения окружающих условий, создаваемых машиной, так и за счет физиологически нерациональной конструкции машины и организации рабочего места оператора.

Имеются большие трудности в решении проблемы человек — машина, связанные прежде всего с тем, что не все требования гигиены и физиологии труда могут быть легко удовлетворены конструктором, поскольку они иногда противоречат экономическим требованиям. Не менее существенно отсутствие эффективных технических решений, благодаря которым можно было бы исключить образование вредных условий труда за счет недочетов конструкций машин (шум, вибрация и др.). Даже при отсутствии названных препятствий обеспечение гигиенических и физиологических требований в конструкциях машин не может быть успешно осуществлено при отсутствии государственных стандартов, обязывающих конструкторов выполнять требования гигиенического и физиологического характера, а также при отсутствии санитарного контроля, аппаратуры и методов для физиолого-гигиенической оценки прототипов машин. При всем этом, однако, необходимо иметь в виду, что форсированное развитие механизации и автоматизации производственных процессов в свете решений XXV съезда КПСС диктует необходимость полного преодоления названных трудностей и полного учета требований гигиены и физиологии к конструкциям современных машин и оборудования.

Эти требования к конструкциям производственного оборудования, рассмотренные выше, являются основным содержанием эргономики, и они в равной мере относятся ко всем отраслям промышленности, в том числе и к оборудованию в легкой промышленности.

Гигиенические требования эргономики обосновываются санитарно-гигиеническими нормативами, и в на-



стоящее время разработаны требования и мероприятия, способствующие их осуществлению. Так, для поддержания показателей микроклимата в производственных цехах на нормативном уровне широко используются общее или локальное кондиционирование, отражающие и защитные экраны, регуляция воздухообмена и др. Для снижения уровня шума применяется покрытие деталей оборудования шумовибропоглощающими составами, покрытие стен и потолков шумопоглощающими материалами, используются объемные штучные поглотители, практикуется замена быстроходных стальных шестерен на текстолитовые, вносятся серьезные изменения в конструкции оборудования, рассчитанные на снижение шумности оборудования. Примеры эффективности эргономических мероприятий по снижению уровня шума оборудования на предприятиях легкой промышленности приведены в табл. 33 и 34.

Таблица 33

Эффективность мероприятий по снижению уровня шума на Ковровом комбинате (г. Люберцы, Московской области)

Мероприятие, рабочее место	Снижение уровня шума дБ на частоте		
	250—500 Гц	500—1000 Гц	1000 Гц
Облицовка стен и потолка плитками из акменита в аппаратно-пряжильном цехе	С 90 до 85	С 89 до 84	—
Нанесение мастики 13Д-17-58 на детали оборудования:			
на рабочем месте пряжильщицы	С 85 до 76	С 84 до 78	С 84 до 75
на рабочем месте чесальщицы	С 92 до 80	С 85 до 81	С 84 до 79
Установка штучных звукопоглотителей:			
на рабочем месте пряжильщицы	С 87 до 84	С 83 до 79	С 70 до 66
на рабочем месте крутильщицы	С 80 до 76	С 81 до 77	С 77 до 74
Замена быстроходных металлических шестерен пряжильных машин текстолитовыми	С 83 до 76	С 84 до 78	С 77 до 70



Уровни звуковой мощности и звукового давления ткацких станков с различным челночным устройством

Тип станка	Скорость, об/мин	Уровень шума на частотах				Общий уровень, дБА
		63 Гц	250 Гц	1000 Гц	4000 Гц	
АТ-100-5М челночный	230	$\frac{98}{81}$	$\frac{105}{88}$	$\frac{110}{96}$	$\frac{107}{91}$	$\frac{118}{102}$
АТПР-120 пневмораци- пирный	360	$\frac{93}{79}$	$\frac{99}{85}$	$\frac{100}{86}$	$\frac{97}{82}$	$\frac{107}{88}$
СТБ-2-330 микрочел- ночный	180	$\frac{94}{75}$	$\frac{96}{83}$	$\frac{96}{78}$	$\frac{93}{72}$	$\frac{104}{83}$
П-105 (ЧССР) бесчелночный	400	$\frac{86}{74}$	$\frac{93}{75}$	$\frac{94}{82}$	$\frac{92}{79}$	$\frac{102}{89}$

Примечание. В числителе — мощность, в знаменателе — давление.

Из табл. 34 видно, что как общий уровень шума, так и особенности его спектрального распределения зависят от особенностей конструкций ткацких станков. В данном конкретном случае таблица четко демонстрирует зависимость производственного шума от одной из деталей ткацкого станка, а именно от челнока. Последовательная замена обыкновенного челнока пневмораципирным устройством, затем микрочелноком и, наконец, устройством без челнока приводит к ощутимому снижению уровня шума.

О связи уровня шума с особенностями конструкции говорят также данные о том, что если при работе автоматического ткацкого станка АТ-120-5 уровень шума составляет 98 дБА, то при его работе без челнока уровень шума снижается до 82 дБА, при работе без погонялки и батана — до 79 дБА и без боевого механизма — до 65 дБА.

Различия в уровне шума ткацкого оборудования не безразличны для организма ткачей. Исследованиями С. И. Горшкова с соавт. (1964, 1970) установлено, что при работе на производственном оборудовании с разными уровнями шума степень изменения физиологических функций организма неодинакова. Физиологические ис-



следования, проведенные у ткачих, работавших на станках типа СТБ (микрочелночные) с уровнями шума 100—102 дБА (первая группа) и станках типа ЦФС (челночные) с уровнями шума 108—113 дБА (вторая группа), показали, что наиболее заметные различия между этими группами проявлялись в изменениях показателей, характеризующих функциональное состояние центральной нервной системы. При сравнении абсолютных значений ряда физиологических показателей у ткачих первой и второй групп выявлено, что если до работы разница средних величин этих показателей у тех и других недостоверна, то в конце работы она весьма значительна (табл. 35), что свидетельствует о существенном различии влияния условий труда на состояние ткачей.

Таблица 35

Средние физиологические показатели у ткачей первой и второй групп до и после работы

Показатель	До работы			После работы		
	первая группа	вторая группа	P	первая группа	вторая группа	P
Скрытое время реакции на звук, мс	179±2,8	187±4,1	0,1	182±3,9	209±3,3	0,001
Скрытое время реакции на свет, мс	191±2,4	196±3,5	0,1	193±3,1	210±5,1	0,01
Среднее число ошибок при выполнении теста						
Грюнбаума	0,2±0,06	0,3±0,08	0,1	0,6±0,07	0,9±0,12	0,001
Пульс, уд/мин	75±2,2	70±2,3	0,1	78±1,8	73±2,4	0,1

Сдвиги, свидетельствующие о понижении уровня функционального состояния центральной нервной системы, становятся наиболее выраженными к концу рабочей недели. Как видно на рис. 76, удлинение латентного периода к концу недели отмечается в течение всего срока наблюдения, начиная с измерения до начала работы и кончая замером после работы, когда этот период оказывается наибольшим.

Установлено, что наиболее радикальным способом снижения шума крутильных и прядильных машин явля-



ется замена механических веретен электрическими и переход к пневмопрядению. Разработанная совместно с советскими специалистами в ЧССР пневмопрядильная машина БД-200 создает при работе шум с уровнем на 10—40 дБ ниже, чем у прядильных машин с обычными механическими веретенами. По данным ВНИИ текстильного и легкого машиностроения, установка на прядильной машине КЭ-200-й электроверетен КЭВ-2 позволила снизить шум с 99 до 88 дБ при сдвиге максимума спектра в сторону более низких частот.

Таким образом, путем изменения конструкции машины, ее усовершенствования вполне возможно достигнуть заметного снижения уровня шума на рабочем месте. Конкретные конструктивные решения должны основываться при этом на выявлении элементов конструкции, связанных с выработкой шума, и на их последующей реконструкции.

Так же обстоит дело с производственной вибрацией, за тем исключением, что если производственный шум всегда является побочным фактором производственной обстановки, то вибрация во многих случаях является способом технологического воздействия. Если в случае побочного образования вибрации конструктивные предложения должны быть направлены на уменьшение уровня ее возникновения, то в случае технологического применения вибрации конструктивные решения должны быть направлены на ограничение передачи ее на рабочее место.

В многоэтажных текстильных предприятиях все здание в целом представляет единую резонирующую систему. Так получается из-за жесткой системы связи производящего шум и вибрацию оборудования с полом и пола

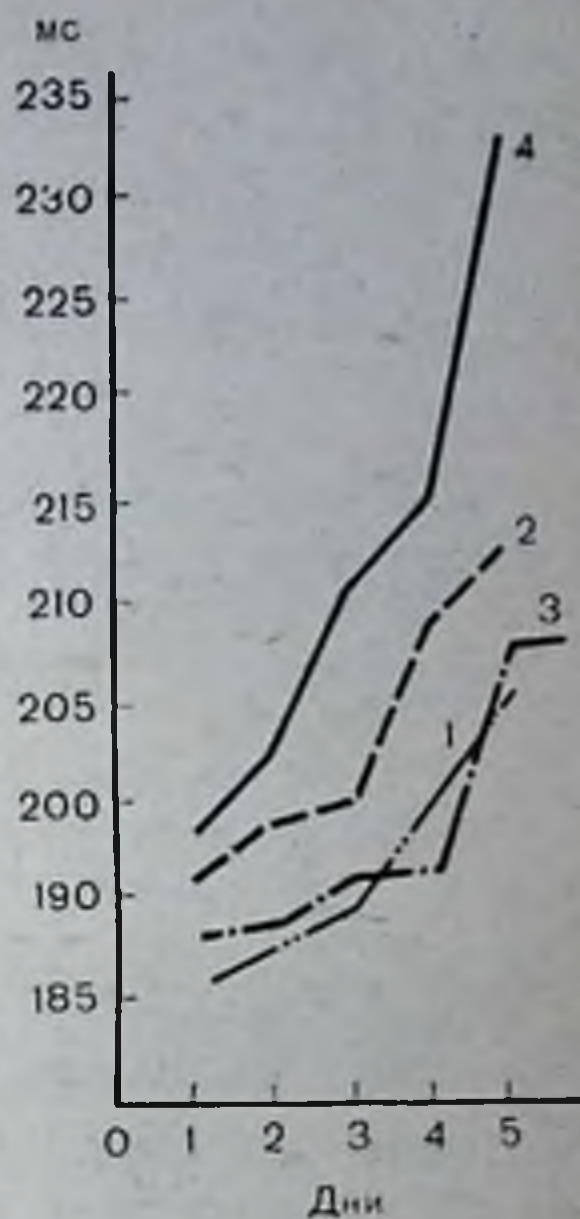


Рис. 76. Динамика скрытого времени на свет у ткачей второй группы, работающих на более шумных челночных станках на протяжении рабочей недели.

1 — до работы; 2 — перед обедом; 3 — после обеда; 4 — после работы.



со стенами. В свете этих данных эффективными оказались меры по разрушению этой единой резонирующей системы. Первые шаги в этом направлении заключались в установке прядильных машин и ткацких станков на вибропоглощающие прокладки, что привело к уменьшению вибрации пола (табл. 36).

Таблица 36

Уменьшение вибрации пола в прядильном цехе (комбинат «Приволжская коммуна») после установки прядильных машин на прокладки (С. И. Горшков, Н. П. Калинина, 1964)

Место измерения	До установки прядильных машин на прокладки		После установки	
	амплитуда, мк	частота, Гц	амплитуда, мк	частота, Гц
Пол между машинами	8—16	20—25	4—8	14—26
Моторная площадка	70—100	18—25	10—24	18—22

Второй шаг заключался в устройстве плавающих полов, т. е. полов, устанавливаемых на специальные кронштейны в стенах с вибропоглощающими прокладками, благодаря чему разрушалась система акустической связи полов и стен здания.

Конструктивные решения, направленные на уменьшение выделения в окружающую среду пыли и вредных газов, сводятся в основном к более тщательному выполнению уплотнений и к установке отсосов. Критерием надежности конструкции и в этом случае является поддержание на рабочем месте запыленности и загазованности воздуха в пределах допустимых уровней.

Если в основе гигиенических требований эргономики лежат санитарно-гигиенические нормативы, имеющие силу закона, что подкрепляет их значение, то физиологические требования эргономики еще недостаточно подкреплены какими-либо актами государственного значения и поэтому подчас являются простыми рекомендациями. Тем не менее целый ряд таких рекомендаций имеет широкое распространение и используется для оценки эксплуатируемого и вновь конструируемого оборудования. К такого рода рекомендациям относятся размерные соотношения и зоны досягаемости на рабочем месте в



рабочей позе «стоя» и «сидя» за пультами управления, номограмма зависимости высоты рабочей поверхности, высоты сиденья и пространства для ног и рук от роста операторов, удобные направления и сочетания движений, величины углов и поля зрения для разных скоростей восприятия объектов на рабочих местах и другие.

Эти рекомендации имеют большое значение для нормализации рабочей позы при многих профессиях в легкой промышленности. Почти для всех профессий текстильной промышленности имеет значение рекомендуемое распределение удобных и неудобных зон обслуживания оборудования при рабочей позе стоя, являющейся преимущественной у текстильщиков. В швейной и кожгалантерейной промышленности для основной профессии швен-мотористки имеют значение рекомендации, указывающие нормальные соотношения на рабочем месте в позе сидя. Для работающих в позе сидя и стоя в одинаковой мере имеют значение рекомендации в отношении использования привычных движений и учета при организации рабочих мест углов и полей зрения.

Однако в конструкциях многих текстильных машин и машин, используемых в легкой промышленности, эти рекомендации в отношении организации рабочих мест часто нарушаются.

Как видно на рис. 77, главным конструктивным недостатком многих прядильных машин является слишком низкое расположение веретенного бруса (уровень А, на высоте 65—72 см). В результате этого возникает согнутое почти под углом  $60^\circ$  к горизонту положение тела прядильщиц при остановке веретена для выполнения операции по ликвидации обрывов нитей, как это отчетливо видно на рис. 77.

Такая вынужденная поза прядильщиц возникает из-за несоответствия уровня А прядильных машин естественной высоте положения рук прядильщицы при условии прямостоячей позы. Эта высота в зависимости от роста колеблется от 75 до 85 см, что на 10—30 см выше расположения нижнего конца веретена (уровень А).

Такая вынужденная поза весьма неблагоприятно отражается на работницах. Как известно, операция по ликвидации обрывов нитей в хлопчатобумажном производстве является основной и за смену повторяется 1500—3000 раз. На выполнение этих операций прядильщица затрачивает 35—38% рабочего времени. Это означает,



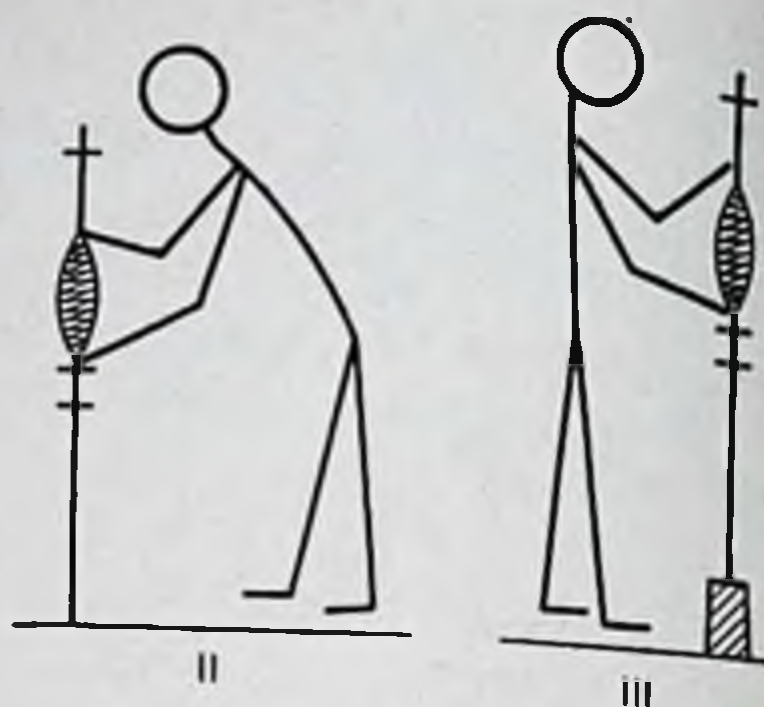
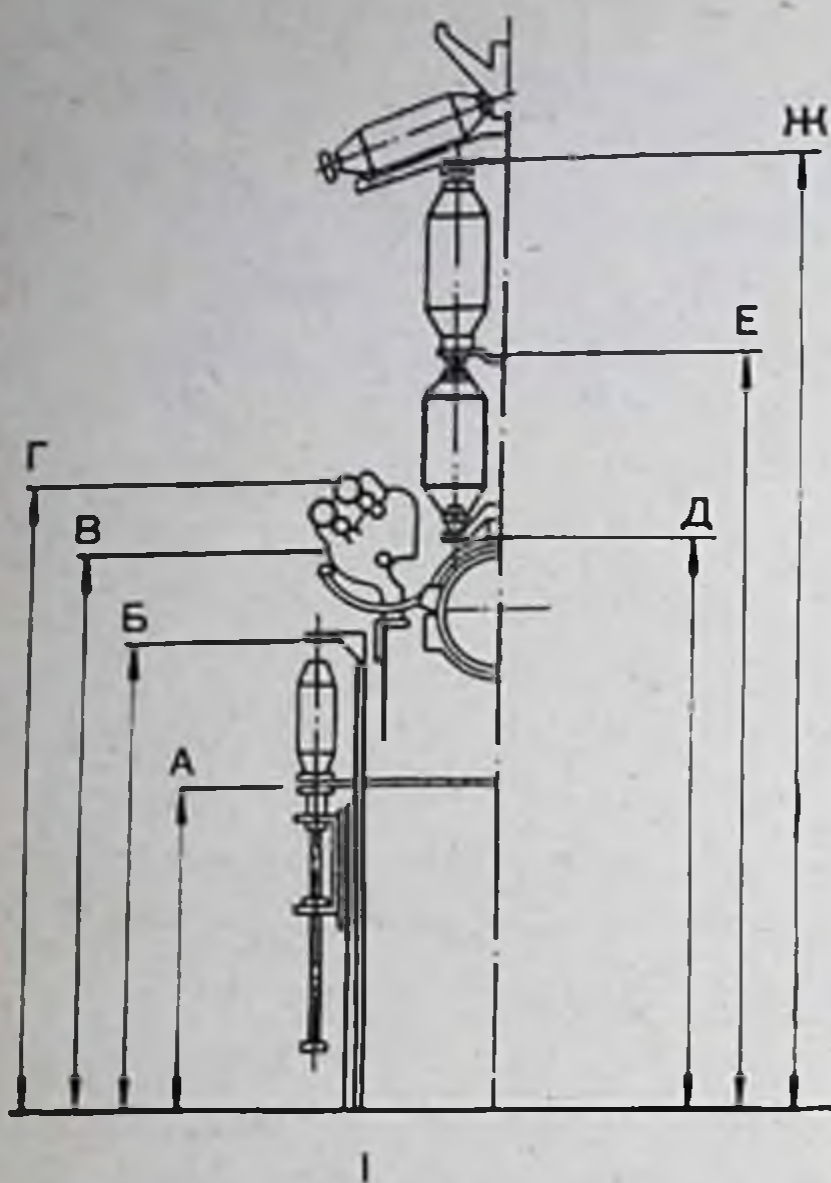


Рис. 77. Схема устройства прядильной машины (I) и рабочая поза прядильщицы при ликвидации обрыва нити пряжи на обычной прядильной машине (II) и на прядильной машине, поднятой на подставке (III).

что в течение всего этого времени прядильщица находится в неудобной позе, причем количество сгибаний и разгибаний, выполняемых ею, равно количеству ликвидируемых обрывов, т. е. составляет за смену также 1500—3000. Низкое положение веретен создает неудобную позу и для съемщиц при выполнении ими операций по съему наработанной продукции.

Из изложенных данных видно, что одним из способов устранения указанного несоответствия будет поднятие веретенного бруса до уровня положения рук прядильщицы или поднятие прядильных машин путем установления прокладок между полом и станинами машин.

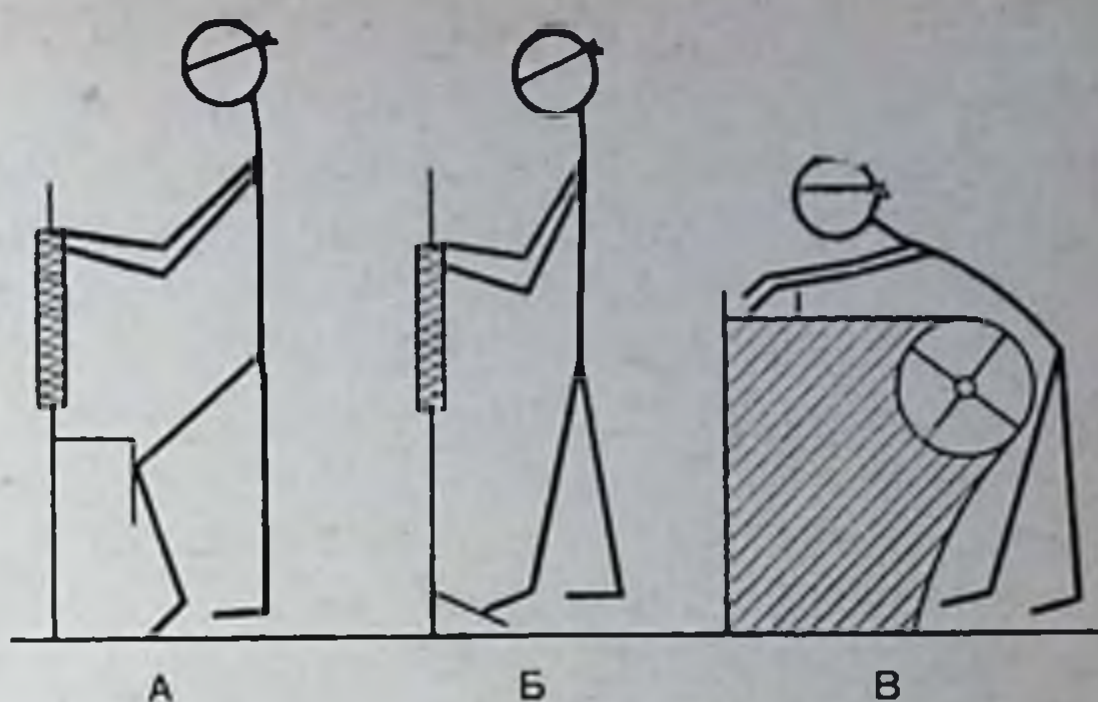
В целях экспериментальной проверки последнего способа устранения изучаемого недостатка на комбинате «Приволжская Коммуна» (г. Наволоки Ивановской области) был осуществлен подъем 62 прядильных машин марки Ташкентского завода и завода имени К. Маркса на высоту 12—15 см.

При проверке обнаружилось, что поза прядильщиц и съемщиц, работающих на поднятых машинах, нормализовалась, в результате чего улучшилось их самочувствие. У них уменьшилась утомляемость мышц туловища и заметно повысилась работоспособность (см. рис. 77, III).



Рис. 78. Рабочая поза прядильщицы при ликвидации обрыва нити шерстяной пряжи при расположении тормозка на высоте колена (А) и при расположении его на полу (Б), рабочая поза ткача при ликвидации обрыва нити основ (В).

а, б — расположение тормозка.



Таким образом, поднятие прядильных машин на высоту 12—15—20 см в зависимости от роста обслуживаемых работниц действительно исправляет их рабочую позу при выполнении главных операций и тем самым облегчает работу.

Эта цель будет достигнута и при поднятии веретенного бруса.

Обслуживание прядильных машин, перерабатывающих шерсть, также связано с неудобной рабочей позой прядильщиц, но по другой причине. При ликвидации обрыва нити пряжи прядильщица должна остановить веретено посредством нажатия коленом на рычаг тормоза веретена. Однако при расположении рычага на станине прядильной машины физиологические требования эргономики не были учтены, и рычаг расположили на уровне выше колена прядильщицы. В результате при необходимости остановки веретена прядильщица поднимает колено, переводит всю массу тела на одну ногу и поднятым коленом нажимает на рычаг. Такая неудобная поза (рис. 78, А) повторяется по числу ликвидированных обрывов, что в конечном итоге выражается в повышении утомляемости мышц ног прядильщиц. Разница в высоте расположения колена прядильщиц и тормозного рычага составляет 3—6 см. Перенос рычага на 3—6 см вниз по станине машины устраняет необходимость поднимать колено при торможении веретена и тем самым устраняет неудобную рабочую позу. Однако будет еще лучше, если рычаг торможения веретена расположить на полу, с тем чтобы на него можно было нажимать носком стопы. При этом все неудобства, связанные с остановкой веретена, будут полностью устранены (рис. 78, Б).



В настоящее время сконструирована прядильная машина ПБ-132Ш, в конструкции которой использовано тормозное устройство в виде ножной педали. Эта прядильная машина была апробирована на ковровом комбинате (г. Люберцы Московской области).

Вынужденная рабочая поза имеет место и у ткачей. По данным Г. И. Подолинской (1962, 1968), при распутывании и надвязке нитей на автоматических станках марки АТ-175Ш и ткацких механических кареточных станках ткачиха наклоняется под углом 50—60°. В момент заводки нити в ламели и бердо она с протянутыми вперед руками перегибается через грудницу станка (рис. 78, В). При этом корпус работницы испытывает значительное статическое напряжение для удержания тела в наклонном положении. В такой позе ткачиха находится 25—40% рабочего времени. В результате проведенного исследования автором установлено утомление нервно-мышечного аппарата и центральной нервной системы. Утомительная статическая нагрузка на мышцы поясничной области ведет к развитию заболеваний периферической нервной системы, особенно у ткачей, обслуживающих автоматические станки.

С целью устранения неудобной рабочей позы ткачей коврового производства, которая, в частности, обусловлена несоответствием между высотой грудницы станка Textita и ростом ткача, на Люберецком ковровом комбинате был отрегулирован уровень расположения подставки над полом в зависимости от индивидуальных размеров работницы и тем самым установлено соответствие между высотой грудницы и ростом ткача. Физиологические исследования показали, что осуществление этого мероприятия положительным образом сказалось на работоспособности ткачей. Так, по показателям динамометрии, выносливость мышц рук и спины ткачей к концу смены (по отношению к исходной величине) стала выше.

Для устранения неудобной рабочей позы ткачей при ликвидации обрывов нитей основы лабораторией эргономики Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (Горшков С. И., Гончаров И. А., 1974) разработана рекомендация по реконструкции ткацкого станка, предусматривающая расположение основ в вертикальной плоскости. Эта рекомендация утверждена дирекцией института и направлена в Научно-исследовательский институт текстильного и легкого машиностроения. Та-



кая реконструкция ткацкого станка, безусловно, устранит неудобную рабочую позу ткачей и будет способствовать установлению принципа соответствия эргономики в отношении ткацкого оборудования.

В последнее время предпринимаются попытки облегчить труд текстильщиц путем создания специального передвижного кресла, что позволит выполнять основные производственные операции в позе сидя (Цицишвили Г. В. и др., 1965).

На Херсонском хлопчатобумажном комбинате создали и уже внедряют кресло, движущееся вокруг мотальной машины. В более усовершенствованном виде это кресло проходит апробацию и на Таллинском комбинате «Балтийская мануфактура». Мотальщица, сидя в кресле, стала обслуживать вместо 30 мотальных барабанчиков 50 (Гаммерман Я., 1969). Внедрение движущегося кресла будет способствовать понижению утомляемости работниц, повышению работоспособности и производительности труда.

Большое значение для рациональной организации рабочих мест в текстильной промышленности имеет применение дополнительной сигнализации. Такая дополнительная сигнализация установлена на рабочем месте сновальщицы. Назначение сновки состоит в том, чтобы уложить параллельно большое количество нитей, сообщив им одинаковое натяжение. Для этого при сновке хлопчатобумажной ткани нити с 300—432 бобин или катушек наматываются параллельно на сновальный валик со скоростью до 900 м/с. В случае обрыва нити сновальная машина останавливается, но в таком большом количестве одновременно наматываемых нитей узнать, какая именно нить оборвалась, очень трудно, зрительный поиск потребовал бы на это очень много времени. Для сокращения времени зрительного поиска на каждой нити устанавливаются маленькие электрические лампочки, которые в случае обрыва нити зажигаются. Время зрительного поиска за счет дополнительной сигнализации при этом уменьшается в несколько раз.

На некоторых прядильных машинах также устанавливается дополнительная сигнализация. В современных условиях прядильщица обслуживает в хлопчатобумажном производстве до 2000 веретен, причем их обслуживание производится при последовательном переходе прядильщицы вдоль фронта прядильной машины и внима-



тельном поиске обрывов нитей. Для ускорения зрительного поиска веретена с оборванной нитью на торце прядильной машины устанавливается электрическая лампочка, которая отбрасывает узкий пучок света вдоль фронта веретен. Если взглянуть с торца прядильной машины вдоль светового луча, то сразу становится видно, на каком веретене произошел обрыв нити. Прядильщица сразу идет к этому веретену, не рассматривая все другие. Эта дополнительная сигнализация, установленная на прядильной машине, способствует ускорению зрительного поиска и повышению производительности труда прядильщицы (Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974). В лаборатории эргономики Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР также были изучены возможности установления дополнительной сигнализации на рабочих местах других профессий и разработаны научные основы ускорения зрительного поиска, с точки зрения учения П. К. Анохина об афферентном синтезе.

Автоматизация ткацкого и прядильного производства привела к организации в хлопчатобумажной промышленности многостаночного обслуживания: ткачихи в настоящее время обслуживают до 100 ткацких станков, прядильщицы — до 2000 веретен. Это очень важные производственные последствия автоматизации ткачества и прядения. Им соответствуют и серьезные эргономические последствия, т. е. изменения в состоянии эргономической системы человек — машина — среда. Эти изменения показаны на рис. 79. Автоматизация в ткачестве постепенно освобождает ткачей от некоторых второстепенных операций и в конце концов оставляет за ними только одну главную операцию — ликвидацию обрывов нитей основы. Как видно на рис. 79, с увеличением количества обслуживаемых станков растет количество ликвидируемых обрывов, но вместе с тем происходит уменьшение скорости нервных реакций и скорости производственных операций (растет время на ликвидацию одного обрыва). Параллельно с этим увеличиваются простои оборудования за счет совпадения операций и уменьшается выработка на один станок в 1 ч. Снижение выработки составляет при 48 станках около 10%, что соответствует простою пяти станков. Этому критическому моменту соответствует также очень большое увеличение скрытого времени реакции на звук и свет и других физиологиче-



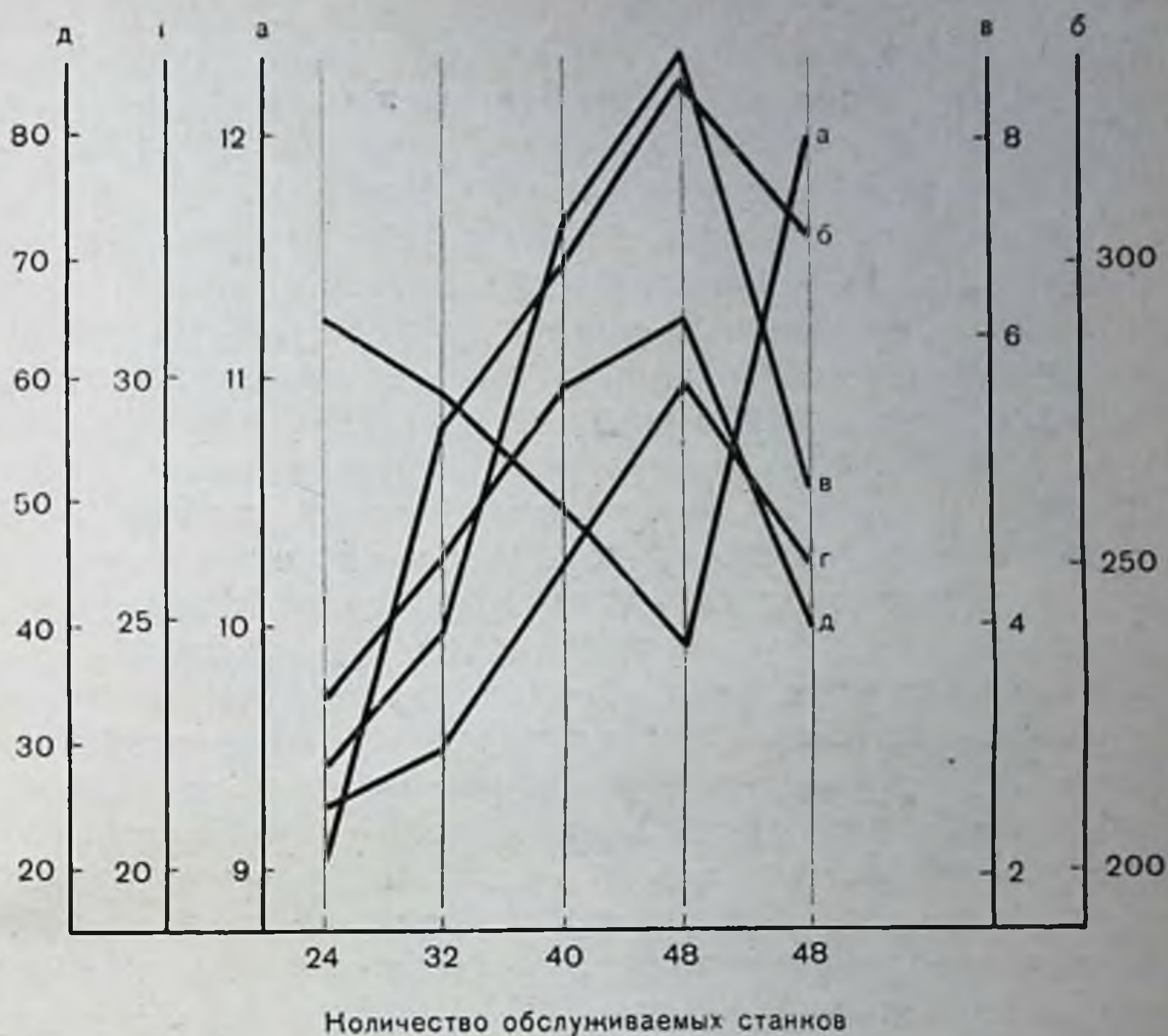


Рис. 79. Состояние эргономической системы в ткачестве при разной нагрузке.

а — выработка в тысячах уточин; б — скрытое время, δ; в — простой, %; г — время на 1 обрыв; д — количество обрывов в час.

ских показателей и возрастание количества ликвидируемых обрывов нитей до 60—70 в 1 ч, что представляет очень большую нагрузку для ткачей.

Еще в 1961 г. на I Конференции по вопросам гигиены и физиологии труда в текстильной промышленности, проходившей в г. Иваново, было принято решение о предельно допустимом количестве ликвидируемых обрывов ткачами не более 35—40 в 1 ч. Таким образом, при доведении количества автоматических станков до 48 на одну ткачиху в эргономической системе ткачиха — ткацкие станки — среда обнаружилось огромное несоответствие между физиологическими возможностями человека и конструктивными особенностями оборудования, выражающимся в слишком высокой обрывности. Установление этого факта позволило внести дополнительные коррекци-



вы в конструкцию ткацкого станка и в работу подготовительных цехов, и это при том же количестве обслуживаемых станков позволило снизить количество обрывов до 40, уменьшить скрытое время реакции на свет и звук, т. е. нормализовать физиологическое состояние, уменьшить количество простоев станков и тем самым повысить выработку на 1 станко-час с 10 до 12 тыс. уточин.

Все это восстановило принцип соответствия в эргономической системе, которая стала более надежной и эффективной, что хорошо видно на рис. 79 (правая часть).

Одним из важных моментов в эргономической оценке системы человек — техника является вопрос оптимального информационного взаимодействия, включающий зрительный поиск и дополнительную афферентацию, обусловленную подачей дополнительных сигналов.

В связи с этим была поставлена задача выяснить роль дополнительной сигнализации во взаимодействии зрительного и моторного анализаторов, в активации рабочих движений и зрительного поиска у работниц коврового производства, что имеет большое значение для повышения скоростей производственных операций, оценки степени напряженности труда и регламентации режима работы и отдыха (Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974).

Наши исследования на лабораторной модели информационного взаимодействия показали, что подача дополнительных стимулов приводит к отчетливому ускорению информационного поиска, составляющего в среднем 1,2—2 с ( $p \leq 0,02$ ), или 20—30% от времени поиска в обычных условиях, и уменьшению допущенных при этом ошибок на 56—78%, т. е. в 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—4 раза. Анализ записанных при этом ЭЭГ и ЭМГ показал повышение уровня активации центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата (Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974, 1976; Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М., 1974; Волкова И. М., Горшков С. И., Кулумбетов Б. М., 1975; Волкова И. М., Горшков С. И., 1978; Волкова И. М., 1977).

На основании лабораторных исследований можно было предположить, что введение дополнительной сигнализации подготовит организм работающих к более эффективному и быстрому выполнению ими производственных заданий, в частности их основной операции — ликвидации обрыва нити.



С этой целью были проведены исследования на Московском производственном ковровом объединении в различных профессиональных группах — сновальщиц, прядельщиц, крутильщиц, шпулярниц и ткачих-ковровщиц, на рабочих местах которых была налажена дополнительная сигнализация, информирующая о ходе технологического процесса и уменьшающая тем самым неопределенность ситуации. Нами проводились наблюдения длительности основных рабочих приемов в обычных условиях и с включением дополнительной сигнализации. Время ликвидации обрыва нити разделялось на время поиска обрыва и связывания концов и время заправки нити.

Технико-экономические исследования показали, что при включении дополнительной сигнализации время выполнения основных рабочих приемов в течение всей смены достоверно сокращается ( $p \leq 0,02 - < 0,001$ ) (табл. 37). При этом было обнаружено, что диапазон этих изменений достаточно широк. Если в группе сновальщиц включение сигнализации уменьшает время поиска на 6%, то у крутильщиц оно уменьшается на 1103% — в 11 раз. Это связано, как мы полагаем, с той ролью, которую играет дополнительная афферентная сигнализация в каждой профессии, а также стажем, мастерством работниц. На тростильно-крутильных (ТК-228) машинах, где на каждые четыре веретена подключена сигнальная лампочка, роль ее особенно велика. Всего на одной стороне машины 13 лампочек на 52 веретена, помимо общей лампочки в торце машины, сигнализирующей об обрыве нити в любой зоне. На сновальных машинах сигнализация, показывающая зону обрыва в каждой секции шпулярника (семь секций), на который насаживается 756 бобин, также имеет большое значение. Об этом свидетельствуют данные, полученные у сновальщиц с меньшим стажем работы (менее 3 лет). С увеличением стажа и мастерства сновальщицы определяют зону обрыва по ряду других признаков. Этим объясняется меньшая разница во времени поиска, полученная в группе более опытных сновальщиц. Однако при отсутствии дополнительной сигнализации работа в обеих группах протекала с большей напряженностью и вниманием. Довольно существенное (на 294%) увеличение времени поиска, показывающее значение дополнительной сигнализации, получено у ковровщиц, которые под влиянием информативного сигнала стали вы-



Динамика изменения времени информационного поиска и двигательной реакции под влиянием дополнительной сигнализации на рабочем месте

Профессиональные группы	Время ликвидации обрыва нити без дополнительного сигнала, с		Общее время ликвидации обрыва, с	Время ликвидации обрыва нити с включением дополнительной сигнализации		Общее время ликвидации обрыва, с	Достоверность сравнения, р
	зрительный поиск	связывание концов и заправка нити		зрительный поиск	связывание концов и заправка нити		
Крутильщицы	33,1 ± 3,5	15,6 ± 0,3	48,7 ± 3,8	3,0 ± 0,3	14,0 ± 0,6	17,0 ± 0,9	< 0,001
Прядильщицы	28,1 ± 1,43	8,6 ± 0,37	36,8 ± 1,8	15,2 ± 0,96	7,9 ± 0,21	23,1 ± 1,17	< 0,001
Сновальщицы (квалифицированные)	5,9 ± 0,36	71,3 ± 2,32	77,2 ± 2,68	5,6 ± 0,44	62,7 ± 2,47	68,3 ± 2,91	≤ 0,05
Сновальщицы (менее опытные)	17,3 ± 0,8	25,7 ± 1,1	43,0 ± 1,9	7,8 ± 0,9	19,6 ± 2,1	27,4 ± 3,0	< 0,01
Ставильщицы							
две	8,2 ± 0,7	22,5 ± 1,5	30,7 ± 2,2	5,5 ± 0,7	16,8 ± 1,4	22,3 ± 2,1	< 0,01
одна	24,2 ± 0,4	30,3 ± 2,3	54,5 ± 2,7	15,0 ± 2,0	19,0 ± 2,4	34,0 ± 4,4	< 0,05
Ковровщицы	26,0 ± 5,4	21,9 ± 4,2	47,9 ± 9,6	6,6 ± 0,6	12,9 ± 3,0	19,5 ± 3,6	< 0,01
Шпулярницы	12,5 ± 2,6	13,4 ± 2,0	25,9 ± 4,6	7,3 ± 0,4	9,5 ± 0,6	16,8 ± 1,0	< 0,05



полнять свою работу в 4 раза быстрее. Включение сигнализации у прядильщиц ускоряло время поиска обрыва нити на 85% (в 1,8 раза), а у шпулярниц — на 71,2% (в 1,7 раза). В группе ставильщиц разница во времени поиска и ликвидации обрыва нити была менее существенной, но достоверной ( $p \leq 0,05$ ), так как их роль в осуществлении этих операций вспомогательная и поиск обрыва они производят реже.

Нами установлено, что различное время поиска при включении сигнализации в рассматриваемых группах отражает не только ее роль, но и характер дополнительно поступающей информации, а также ее значение для выполнения определенного вида работы на одной и той же машине. Так, например, у крутильщиц и сновальщиц включение сигнализации в определенной зоне, как бы указывая адрес, позволяет быстрее обнаружить обрыв, тогда как общая подсветка на прядильных машинах, обеспечиваемая включением мощной лампочки в торце машины, не уточняя место обрыва, создает более оптимальные условия для быстрого опознавания его. Кроме того, при поступлении дополнительной зрительной информации, сигнализирующей о месте обрыва, время поиска у крутильщиц, прядильщиц, сновальщиц (менее опытных) резко сокращается. У ставильщиц и шпулярниц такой резкой разницы во времени нет, хотя она и достоверна (см. табл. 37). Вероятно, это объясняется тем, что они не испытывают такого резкого дефицита информации, поскольку поступление речевой информации от их напарниц (сновальщицы и ковровщицы) несколько затрудняется, но не исключается, а полученная от них информация уже содержит в себе программу действия. Вследствие этого время поиска при отсутствии сигнализации у шпулярниц и ставильщиц короче, чем у ковровщиц и сновальщиц. А при включении сигнализации эти соотношения меняются.

В процессе исследований обнаружено, что включение дополнительной сигнализации не только сокращало время поиска, но и время связывания концов, заправку нити, т. е. двигательную, пусковую реакцию, активизируя ее, а это в целом приводило к увеличению производительности труда на 12—18% за смену (табл. 38).

Таким образом, воздействие дополнительной афферентации (включение сигнализации), активизирующей центральную нервную систему и нейро-моторный аппа-



## Производительность труда в различных профессиональных группах до и при включении сигнализации

Профессиональные группы	До сигнализации	При включении сигнализации	Увеличение производительности труда, %
Прядильщицы	158,5 кг пряжи	187 кг пряжи	184
Крутильщицы	213—231 » »	248 » »	16,4
Сновальщицы	30 000 пог. м	35 000 пог. м	16,6
Ковровщицы, обслуживающие Рашель-машину	170 » »	190 » »	12

рат, что подтверждается нашими лабораторными исследованиями, приводит к мобилизации функций, ускорению выполнения производственных операций, уменьшению общей нервно-эмоциональной напряженности, повышению эффективности труда.

Все сказанное дает основание полагать, что известное усложнение информационного компонента в системе человек — машина (включение дополнительных сигналов) в большей степени оправдано для I типа операторов-технологов (по классификации В. П. Зинченко, В. М. Мунипова, 1974), к которым следует отнести работниц текстильной промышленности. Они непосредственно включены в технологический процесс, работают в основном в режиме немедленного обслуживания, совершают преимущественно управляющие действия, руководствуясь при этом инструкциями, которые содержат, как правило, почти полный набор ситуаций и решений. При сенсомоторной деятельности преобладает моторный компонент.

При подходе к понятию «оператор» в широком плане можно полагать, что это не обозначение одной специальности, а скорее группы профессий. Если у операторов ЭВМ, АСУ в связи с загруженностью сенсорного поля, значительным сенсорным напряжением, введение дополнительной зрительной сигнализации не всегда целесообразно, то у операторов коврового производства она способствует оптимизации информационного взаимодействия в системе человек — машина, оптимизации соотношения сенсорного и моторного полей.



Включение дополнительных элементов в систему для предупреждения или указания на нежелательные отклонения в системе при определенных условиях не только не понижает надежности системы, но даже приводит к ее повышению. Все зависит от того, какие элементы, каким образом и при каких условиях включаются в систему. Полученные данные подтверждают, что организацию сенсорного поля следует вести параллельно с организацией моторного поля, так как от этого зависит создание оптимальных условий для включения человека в систему контроля и управления машиной.

Результатом данной работы явилась разработка эргономических рекомендаций. Одна из рекомендаций, касающаяся включения дополнительного светового сигнала в конструкцию ткацкого станка с целью уточнения места обрыва и ускорения его поиска, является принципиально новой. Она принята к внедрению на двух предприятиях текстильной промышленности.

Включение дополнительного светового сигнала при обрыве нити, мы полагали, целесообразно связать с работой ламельного прибора — механизма, служащего для автоматической остановки ткацкого станка при обрыве нити основы. Устройство ламельного прибора известно, поэтому для краткости мы не будем останавливаться на его описании.

Предлагается два варианта включения светового сигнала в конструкцию ткацких станков, имеющих ламельные приборы как механического, так и электрического действия.

**I вариант.** Неподвижная рейка или шина (у ламельных приборов электрического действия) делится на определенное количество частей (например, 10), разделенных диэлектриком. Электрический ток подается как к подвижной рейке, так и к каждой части неподвижной рейки через сигнальную электролампочку.

В момент обрыва нити ламелька падает и замыкает неподвижную и подвижную рейки, что вызывает выключение станка. При этом лампочка загорается, указывая, в какой части основы произошел обрыв.

**II вариант.** Подвижная рейка изготавливается из прочного диэлектрика с нанесенным на него металлизированным покрытием. Не покрываются только полосы, разделяющие рейку на соответствующее количество зон, оснащенных сигнальными лампочками, зажигающими-



ся при падении ламели, замыкающей подвижную и неподвижную рейку или шины.

Следует отметить, что в последние годы в текстильной промышленности внедряется автоматизированная система управления производством (АСУ). В частности, эта система предусматривает оснащение 10—16 станков двумя маршрутными табло, расположенными в начале и в конце прохода между двойными рядами станков. На маршрутных табло пространственное расположение световых сигналов соответствует схеме расположения станков, а цвет зажигаемой лампочки, являющейся дополнительным пусковым сигналом, — характеру неполадки, характеру обрыва. Связь между табло и станком осуществляется через блок коммутации, расположенный на станке. Благодаря такой системе одна ткачиха сможет обслуживать несколько десятков станков (70 и более).

Однако необходимо отметить, что даже введение АСУ не снимает проблемы локальной сигнализации, так как сигнализация на общем табло информирует о том, что оборвалось на указанном станке (основа или уток), но не указывает, где конкретно произошел обрыв. Мы полагаем, что оптимальным вариантом следует считать сочетание общей сигнализации (АСУ) с локальной сигнализацией на станке, что особенно важно при многостаночном обслуживании.

В заключение можно подчеркнуть, что дополнительная сигнализация способствует быстрой мобилизации центральной нервной системы и двигательного аппарата к выполнению перцептивно-моторных задач при управлении техникой. Следовательно, при проектировании новой техники необходимо учитывать роль дополнительной афферентации, обусловленной подачей различных сигналов, а также необходимо разработать способы их включения в систему человек — машина для снижения напряженности труда и повышения его производительности. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости широкого внедрения дополнительной сигнализации (предпусковой и пусковой) как в текстильной, так и в других отраслях промышленности.

Текстильное производство имеет давнюю историю. Здесь многие рабочие функции долгое время оставались неизменными, например в веретенном прядении, челночном ткачестве. Однако постоянно растущая потреб-



ность в изделиях текстильной промышленности, необходимость облегчить труд текстильщиков и улучшить его условия стимулировали поиск новых принципов и конструкций. На состоявшейся в 1976 г. выставке ИНЛЕГМАШ-76 было представлено много новых конструкций текстильного оборудования, как зарубежного, так и отечественного. Среди них аэродинамические и пневмомеханические прядильные машины без обычного веретена, пневматические, рапирные, пневморапирные, гидравлические и многозевные ткацкие станки. Эти новые виды прядильно-ткацкого оборудования облегчают труд ткачей и прядильщиц, снижают на много уровень производственного шума. В отношении ткацкого станка типовой серии «Элитекс» (ЧССР) гидравлической конструкции с наклонным расположением основ можно определенно сказать, что ткачи смогут работать на нем без утомительных наклонов при ликвидации обрывов нитей. Основные зоны прядильной машины отечественного производства ПСК-225ШГ — шпулярник, вытяжные приборы и катушки съема — находятся в оптимальных пределах. Дело за более быстрым внедрением этих новых конструкций.

### **Кожгалантерейное производство**

Современное оборудование производства достигло огромных скоростей исполнения операций (например, скорость вращения главного вала швейных машин достигает 5000—6000 об/мин, раскрой заготовок на пресах продолжается доли секунды и т. д.) и имеет тенденцию к дальнейшему росту. Все это значительно повысило нервно-эмоциональную нагрузку на работающих, поставило их в условия дефицита рабочего времени и напряжения физиологических функций. В связи с этим недоучет анатомо-физиологических и психологических особенностей человека в конструкциях производственного оборудования и организации рабочих мест может привести к понижению производительности труда и к профессиональной заболеваемости.

Добиться значительного повышения производительности труда при сохранении здоровья трудящихся в настоящее время можно только в случае создания наиболее удобного в эксплуатации оборудования и рабочего места, оптимальных гигиенических условий труда и фи-



физиологически обоснованных режимов труда и отдыха, т. е. в случае оптимизации системы «человек — машина — производственная среда». При этом необходимо учитывать, что система организации производства будет действовать слаженно только тогда, когда рост производства будет обеспечен одновременно на всех участках технологической цепи. Решение этих вопросов осуществлено в перчаточном производстве.

При этом технологическая линия пошива перчаток рассматривалась как модель по изучению родственных производств. На этой модели видны такие особенности производства, как разделение труда конвейерным способом, его монотонность, большой объем выполняемых операций за смену, особенности применения разных видов технологического оборудования и другие.

На основе этих положений были изучены основные профессии технологической цепи изготовления перчаток: раскройщицы, швей-мотористки, выворотчицы и электроплавильщицы.

**Раскройщицы.** В профессию раскройщика в кожгалантерейном производстве входят две наиболее многочисленные группы работников (более 90% из них составляют женщины), производящих раскрой кож вручную и на прессах (механические раскройщицы или вырубщицы).

*Ручной раскрой* ведется по лекалам ножом в позе стоя. Величина нажима на нож при раскрое находится в прямой зависимости от толщины и жесткости кожи и достигает 10—40 кгс. Многолетняя работа на ручном раскрое (20—30 лет) приводит к единичным профессиональным заболеваниям рук по типу вегетомиофасцитов и нейромиофасцитов. В то же время, как показали исследования, большая часть лекал может быть заменена матрицами-резаками и раскрой кож может производиться на прессах, что даст соответствующий экономический эффект и снизит количество работниц на этих операциях.

*Вырубщицы* работают в позе стоя. В их задачу входит контроль качества кожи и экономный раскрой. Раскрой производится металлическими матрицами-резаками весом от 0,6 до 1,6 кг на отечественных гидравлических прессах ПВГ-8 и ПВГ-8-2-0.

На прессах ПВГ-8 подвод и отвод ударника для выполнения операции производится правой рукой раскрой-



щицы, при этом прикладываемое усилие составляет при повороте на себя 1—6 кгс и от себя 0,5—4,5 кгс и составляет за рабочую смену 4000—17 000 кгс.

Работа как на ручном раскрое, так и на механическом, связанная с постоянным применением переменных по величине усилий и производимая в позе стоя, препятствует циркуляции крови в нижних конечностях работающих и способствует возникновению там застойных явлений. Осмотр работниц цеха, проведенный врачами здравпункта объединения, показал, что как на ручном раскрое, так и на механическом заболеваемость тромбозом вен и варикозными расширениями вен нижних конечностей очень высока. У 78,8% вырубщиц в возрасте 35—50 лет при стаже по данной профессии 6—15 лет имеются признаки заболевания, при ручном раскрое заболеваемость составляет 87%. Варикозная болезнь значительно снижает трудоспособность и нередко приводит к инвалидности работниц. Все это убедительно показывает обоснованность замены позы стоя на позу сидя в закройном производстве.

Выпуск прессов ПВГ-8-2-0 начат промышленностью недавно. Они отличаются от своих предшественников (прессы ПВГ-8) главным образом автоматическим поворотом ударника, что сняло монотонную физическую нагрузку на организм работницы и значительно повысило их производительность труда. Несмотря на то что прилагаемые разовые усилия на прессах ПВГ-8-2-0 находятся в пределах, позволяющих работать в позе сидя, в его конструкции не учтено это положение: нет достаточного пространства для ног по глубине (вместо минимальных 400 мм и оптимальных 600—750 мм оно составляет только 200 мм), увеличено расстояние от рабочей поверхности до нижней поверхности раскройного стола (вместо 150 мм фактически 250 мм), двухручные кнопки включения ударника пресса далеко выдвинуты на работницу, и при включении ей приходится принимать неестественную развернутую позу, щиток управления прессом расположен в неудобном месте — справа под столом, трудно регулируема величина угла поворота ударника, что значительно снижает производительность труда при вырубке мелких деталей (рис. 80).

Для создания оптимальных условий по обслуживанию пресса ПВГ-8-2-0 в позе сидя были разработаны рекомендации по его эргономической модернизации



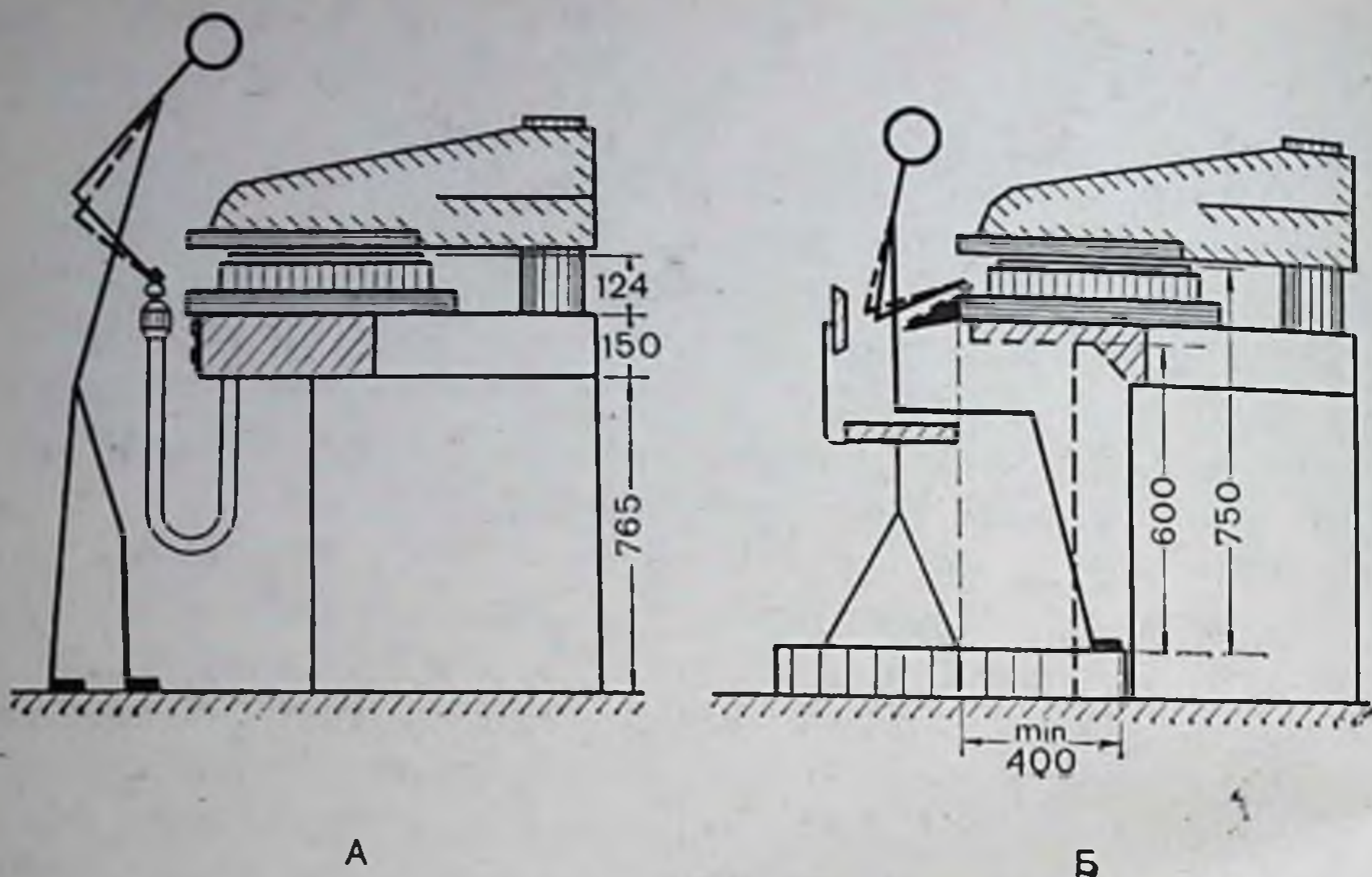


Рис. 80. Рабочая поза раскройщицы при обслуживании пресса до (А) и после (Б) модернизации.

(см. рис. 80). В процессе модернизации пресса конфигурация станины изменяется за счет незаполненного пространства и перегруппировки имеющегося в ней оборудования. В результате этого увеличивается пространство для ног под столом по глубине до 400 мм. За счет деревянной напольной подставки уменьшено расстояние по высоте до 600 мм и до поверхности раскройной плиты до 750 мм. Для создания удобной рабочей позы двухручные кнопки включения выведены на переднюю кромку стола. Для удобства обслуживания щиток управления прессом выведен из-под стола и расположен в виде закрылка справа под углом в  $20\text{—}30^\circ$  к горизонту.

Данные рекомендации приняты Главным техническим управлением Минлегпрома СССР и Минлегпищемашем для внедрения.

**Швей-мотористки.** Профессия швей-мотористки очень широко представлена в швейной, кожгалантерейной, скорняжной, обувной отраслях легкой промышленности.

Изучение труда швей-мотористок проводилось в пошивочном цехе при конвейерном, индивидуально-поточном и индивидуальном способах организации производства. Работа швей-мотористки заключается в выполнении операций по стачиванию различных по сложности и со-



держанию заготовок, с напряжением зрения и внимания и производится в позе сидя.

Проведенные исследования выявили ряд существенных недостатков рабочего места швей-мотористок. Машины установлены на промышленные столы двух типов — с ровным передним краем и прямоугольным вырезом для корпуса работницы. Столы с ровным передним краем очень неудобны, так как в процессе работы швея опирается небольшой поверхностью предплечий рук на граненый край стола, что вызывает болезненные ощущения и не позволяет полностью снять статическую нагрузку с мышц спины и верхнего плечевого пояса.

Прямоугольный вырез в передней части стола не согласуется с овалом корпуса работающего человека, затрудняет упор о его край и выполнение поворотов. Расположенный здесь же снизу ящик для сбора отходов отодвигает работающего от предмета труда, увеличивает угол наклона корпуса и создает дополнительные неудобства в работе. Угол наклона тела работницы в поясничном отделе позвоночника составляет  $65-81^\circ$  и в шейном отделе —  $40-65^\circ$  к горизонту. В работе участвуют одновременно все мышцы верхнего плечевого пояса и ног. Углы сгиба в суставах конечностей при работе постоянно меняются. Руки в процессе выполнения операции изменяют положение — некоторые элементы работница проделывает, удерживая руки в пространстве, при выполнении других элементов опирается предплечьями о стол. Швей-мотористки при выполнении операции «вшить напалок большого пальца» в среднем на 207 парах перчаток за смену совершают 35 000—49 000 движений. В промежутках между выполнением отдельных элементов движений обе руки и ноги работницы находятся в вынужденном состоянии, в той или иной степени в зависимости от прикладываемого усилия или точности выполняемого движения.

Местное освещение выполнено светильниками АМО с лампами накаливания 40 вт, что создает освещенность на швейной игле 32—76% от нормативной и небольшую по площади равномерно освещенную поверхность. При взгляде в сторону от «строчки» на 10—15 см при выполнении элементов операции «взять или отложить изделие», «наложить детали изделия друг на друга», «обрезать излишки», когда освещенность снижается до общего уровня, аккомодационный аппарат глаза вынужден



постоянно переадаптироваться, приспособляясь каждый раз к новым условиям. Постоянные многолетние перенапряжения аккомодационного аппарата глаз являются причиной того, что после 15—20 лет работы швей-мотористки в данном производстве вынуждены работать в очках.

Недостаточная освещенность на рабочем месте заставляет швей максимально приближать источник местного освещения к «строчке» изделия. Возникает новый неблагоприятный фактор на рабочем месте — интенсивный тепловой поток на голову работниц 0,055—0,159 кал/(см<sup>2</sup>·мин). При этом положительный баланс между головой работницы и светильником составляет 0,020—0,043 кал/(см<sup>2</sup>·мин), что объясняет массовые жалобы на головную боль. Установлено, что электромоторы швейных машин также являются источниками тепловыделений, создающими тепловой поток 0,017—0,112 кал/(см<sup>2</sup>·мин). Этот факт, очевидно, является следствием недостаточной мощности применяемых электромоторов.

Применяемые в производстве швейные машины создают средне- и в основном высокочастотный шум, превышающий допустимый уровень по СН 1102-73 на 1—12 дБ (Горшков С. И. и др., 1972). Это представляет значительную опасность для рабочих, так как первые нарушения слуха возникают именно при действии высоких частот и приводят к снижению производительности труда исполнителей (Орлова Т. А., 1965).

Несмотря на то что возникающая при работе швейных машин общая и локальная вибрация не превышает ПДУ, работницы предъявляют жалобы на неприятные ощущения от ее воздействия. Здесь уместно отметить, что разработанные Н. И. Крапивиным (1965) противовесы кривошипов механизма иглы, уменьшающие амплитуду колебаний корпуса головки машины в 2—3 раза и уровень шума машин на 5—6 дБ, до настоящего времени не нашли еще воплощения в их конструкциях.

О роли сиденья (стула) в организации рабочего места для работающих в позе сидя было сказано выше. Здесь же необходимо отметить, что в ряде работ (Золина З. М., Косилов С. А., 1956; Косилов С. А., 1965; Золина З. М., 1967, и др.) указывалось на отрицательные моменты профилированных сидений, повторяющих анатомическую форму ягодичных и задних групп мышц, бед-



ра, что ограничивает возможность свободного изменения положения тела во время работы. Однако некоторые предприятия (Московский экспериментальный механический завод, Ростовское предприятие «Металлоштамп» и др.) до настоящего времени выпускают подъемно-поворотные стулья, чаще всего применяемые на рабочих местах швей-мотористок, с профилированными сиденьями, с недостаточной их глубиной — 270—310 мм вместо 350 мм и с другими недостатками.

Учитывая все изложенные недостатки, в лаборатории эргономики Института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР разработано и внедрено в Московском производственном кожгалантерейном объединении рациональное рабочее место швей-мотористки для пошива перчаток.

В основу конфигурации крышки промышленного стола положена конструкция, разработанная в Центральном институте швейной промышленности И. А. Вагнером и др., рассчитанная на работу в свободном ритме. После экспериментально-производственных исследований столешница была нами изменена (рис. 81): вместо радиального выреза делается радиально-лекальный с учетом введения в него корпуса швей в удобной устойчивой позе. С этой целью левая часть выреза выполнена не по радиусу, а по лекалу с укорочением в левом крайнем положении до 500 мм. Размеры столешницы 1160 × 1080 мм; она делается сплошной, задний край прямой. Вместо корытообразного мусороприемника в столе на границе платформы машины и столешницы делается вход в прикрепленный снизу выдвижной мусороприемник. Это привело к некоторому выпрямлению корпуса швей в поясничном и шейном отделах позвоночника на 5—8°, что привело к снижению нагрузки на мышечный аппарат. На новом рабочем месте швей сидят свободно, без напряжения. Конструкция столешницы предупреждает прижим полости живота и грудной клетки работниц к краю стола.

На столе устанавливается светильник ЛНП 01-2 × 30 В с лампами ЛБУ-30, которые обеспечивают исправление цветовосприятия и нормативную освещенность на игле швейной машины 2500 лк и более в зависимости от угла наклона светильника. С целью обеспечения определенной направленности светового потока держатель светильника в виде гибкого шланга заменен



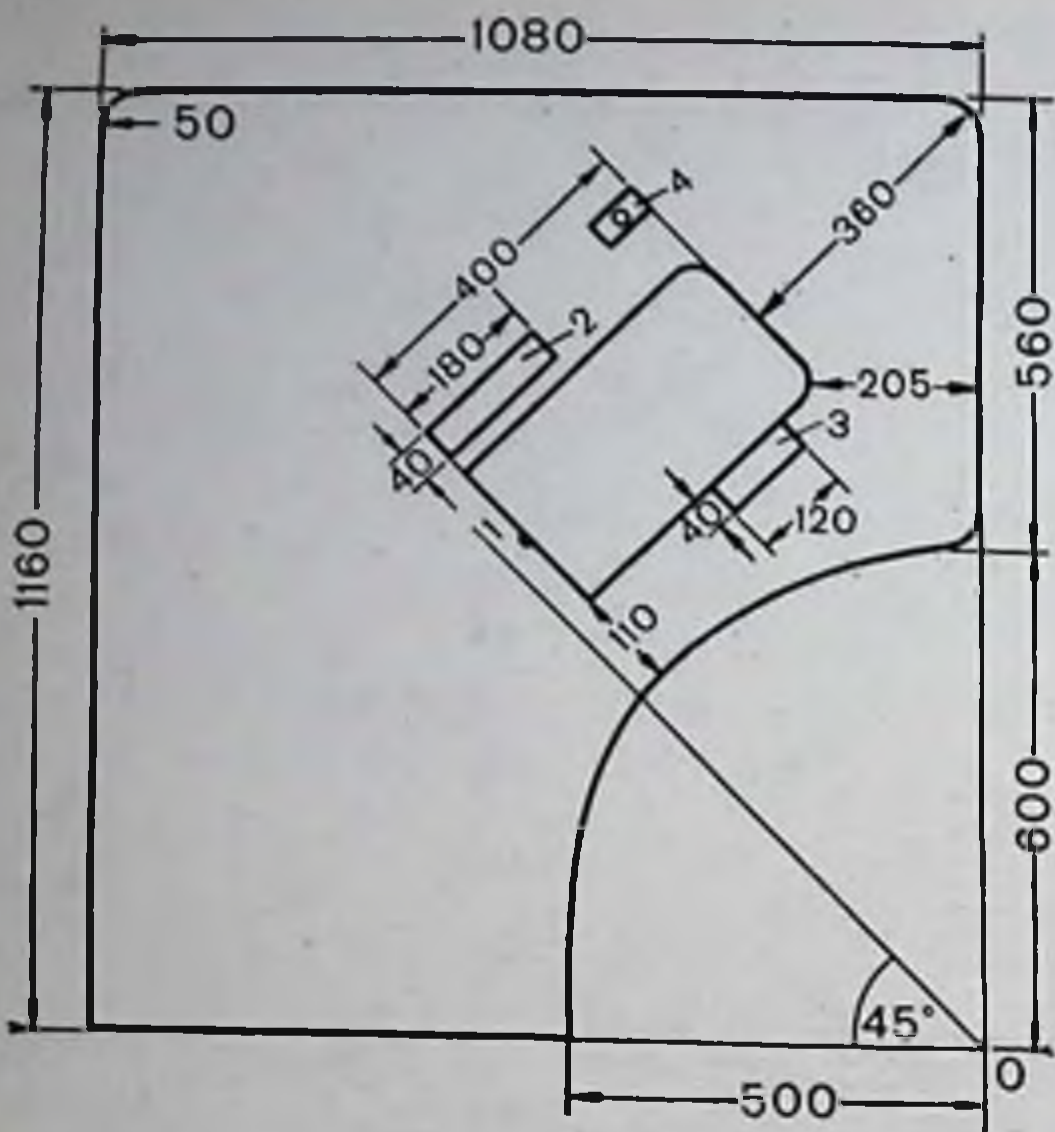


Рис. 81. Крышка промышленного стола.

1 — место игловодителя;  
 2 — приемник для обрезков на операции «закрышка»;  
 3 — приемник для обрезков на всех остальных операциях;  
 4 — место крепления основания светильника.

нами на трубчатую дугообразную стойку с зажимами. Замена ламп накаливания на люминесцентные снизила тепловой поток от светильников и соответственно радиационный баланс ко лбу работницы, и теперь этот уровень ниже нагревающего. Для сиденья применен регулируемый стул (1043.000-1-ГО), полумягкий, на поролоне, со съемными подлокотниками. Полумягкое поролоновое покрытие обеспечивает необходимую профилизацию поверхности сиденья, позволяет ее изменять при смене положения и обеспечивает более равномерное распределение массы тела человека, чем при жестких сиденьях.

Работа швей-мотористок на новых рабочих местах в свободном ритме при поточно-групповой организации производства, преимущества которой будут освещены ниже, показала высокую экономическую (рост производительности труда составил 125,7—134,6%) и физиологическую эффективность (снизилась нагрузка на центральную нервную и сердечно-сосудистую систему, повысилась лабильность зрительного анализатора, улучшились динамометрические показатели).

**Выворотчицы.** В зависимости от фасона перчатка шьется с наружной или внутренней стороны. Те перчатки, которые шьются с внутренней стороны, после выполнения основных швейных операций должны быть вывернуты на лицевую сторону. Выворотка осуществляется



на ручном приспособлении или на электромеханической вывороточной машине ВПР. Работы, производимые на этих устройствах, мало чем отличаются друг от друга, так как основные усилия прикладываются работницей при надевании перчатки на трубчатую правку и снятии с нее. При надевании перчатки на трубчатую правку прикладывается усилие в 8—10 кгс и более, а при снятии — 4—10 кгс на одну руку при двухручной работе. При выполнении самого процесса выворотки перчатки на ручном приспособлении прикладываемое усилие составляет 1—4 кгс.

Учитывая то, что за смену работница выворачивает 800—850 пар перчаток, суммарное усилие, выполняемое ею на электромеханической машине, составляет 40 600—68 000 кгс. Работа выполняется в позе стоя. Машина выворачивает только половину длины пальцев перчатки, после чего работнице приходится производить ручную довыворотку на специальном приспособлении. Кроме того, при выполнении механической операции выворачивания перчатки машиной за счет вибрации штырей и протаскивания ее через края трубок оправки в 5% случаев происходит разрыв изделия. Данная работа предъявляет большие требования к сердечно-сосудистой и мышечной системе работниц. В процессе работы резко возрастает пульс, который в 16% случаев находится в пределах 91—110 уд/мин, достоверно ( $p < 0,02$ ) снижается выносливость рук.

Из приведенных данных видно, что существующий принцип выворотки необходимо было заменить на более легкий, более прогрессивный.

Вариантом решения данного вопроса может быть применение возвратно-поступательной системы, расположенной в вертикальном положении с автоматической фиксацией манжеты перчатки.

В свете сказанного была разработана «Машина для выворачивания полых изделий», на которую в Госкомитете Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий получено авторское свидетельство № 494475 (Горшков С. И., Гончаров И. А. и др., 1975).

Машина (рис. 82) содержит: верхнее (1) и нижнее (2) основания, несущие правила (3) со штырями, верхний привод (4), имеющий электродвигатель, соединенный через редуктор с эксцентриком (5) и четыре пружины (6), служащими для возвратно-поступательно-



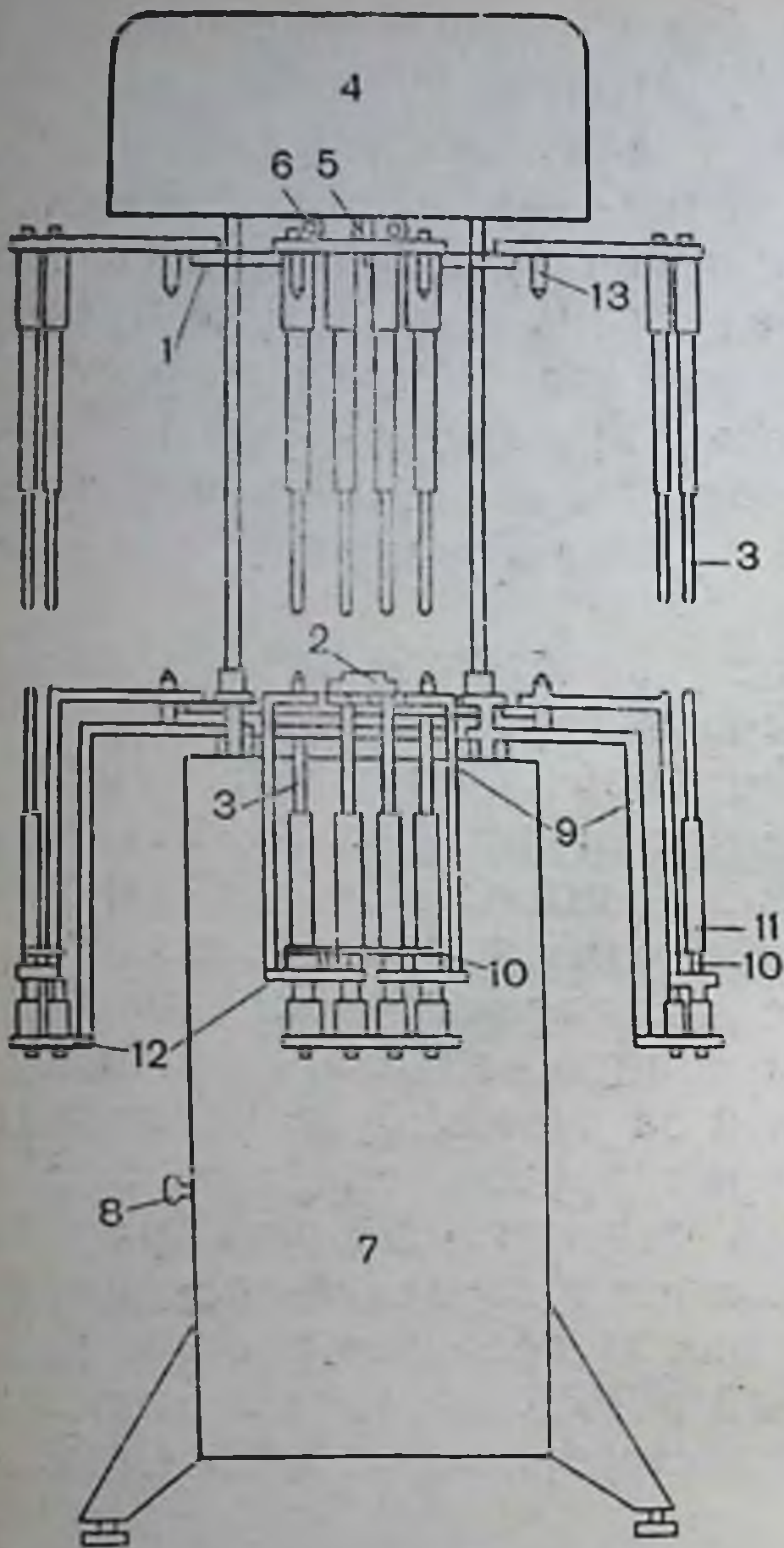


Рис. 82. Машина для выворачивания перчаток и рукавиц (объяснения в тексте).

меньше внутреннего диаметра пальца перчатки, что обеспечивает надевание последних на штыри без усилий.

Для сжатия подпружиненных тяг (9) на верхнем и нижнем основаниях установлены конусообразные ограничители (13), контактирующие с тягами (9) при зажатии и освобождении манжет перчаток.

Нижнее основание (2) установлено с возможностью его поворота в двух направлениях на  $180^\circ$ , что позволяет одному оператору выворачивать разного размера перчатки или работать на одной машине одновременно четырьмя операторами.

го движения правил (3), установленных на верхнем основании, и нижний привод (7), состоящий из пневмостола с редуктором (8), регулирующим скорость движения штока.

Нижнее основание (2) содержит четыре системы подпружиненных тяг (9), на которых установлены опорные стойки (10) и закреплены фигурные сегменты (11), являющиеся держателями для закрепления манжет изделия. К нижнему основанию (2) крепятся четыре опорные площадки (12), на которых установлены нижние правила (3). Верхние и нижние правила (3) расположены друг над другом соосно. Каждое правило имеет по шести подпружиненных штырей, диаметр которых



Внедрение системы позволит перевести труд выворотчиц в категорию легкого с гораздо меньшими сдвигами физиологических функций организма за период смены.

**Электроправильщицы.** При эргономической оценке рабочего места электроправильщицы было установлено, что они производят расправление перчаток на разогретых правилах, установленных на столах. Прикладываемые разовые усилия составляют 2—4 кгс, т. е. находятся в пределах оптимальных усилий для позы сидя.

Применяемые столы неудобны, при попытке работать за ними сидя работницам приходится принимать различные положения (боком, согнувшись и т. д.), поэтому работа ведется в основном стоя.

Так как правила находятся на значительном расстоянии (до 500 мм) от середины переднего края стола и поднимаются до 410—450 мм над его поверхностью, то это приводит к тому, что работнице приходится при надевании перчаток на правило поднимать руки выше уровня плеч и наклонять корпус до 60° к горизонту, что значительно утяжеляет труд.

Правила при работе имеют температуру 150—200°, что ведет к значительному нагреву воздуха на рабочем месте, в период исследований в 32,4% случаев его температура достигала 34,4°C. В результате у электроплавильщиц в период работы повышается температура тела и кожных покровов, резко возрастает потоотделение.

Все перечисленные факторы создают значительную нагрузку на терморегулирующий аппарат, мышечную и нервную систему организма работающих.

На основе антропометрических и биомеханических исследований электроправильщиц и исходя из рода их работы был разработан стол для работы в удобной позе с установлением правил в зоне досягаемости рук и с установкой на нем вытяжной вентиляции, обеспечивающей подвижность воздуха на рабочем месте 0,2—0,5 м/с (рис. 83). Стол был изготовлен и установлен в пошивочном цехе Московского производственного кожгалантерейного объединения, прошел производственную апробацию и получил хорошую оценку рабочих и руководства предприятия. На данное рабочее место на предприятии получено свидетельство на рацпредложение.

Установка вытяжной вентиляции на правильном столе снижает тепловую конвекционную нагрузку на орга-



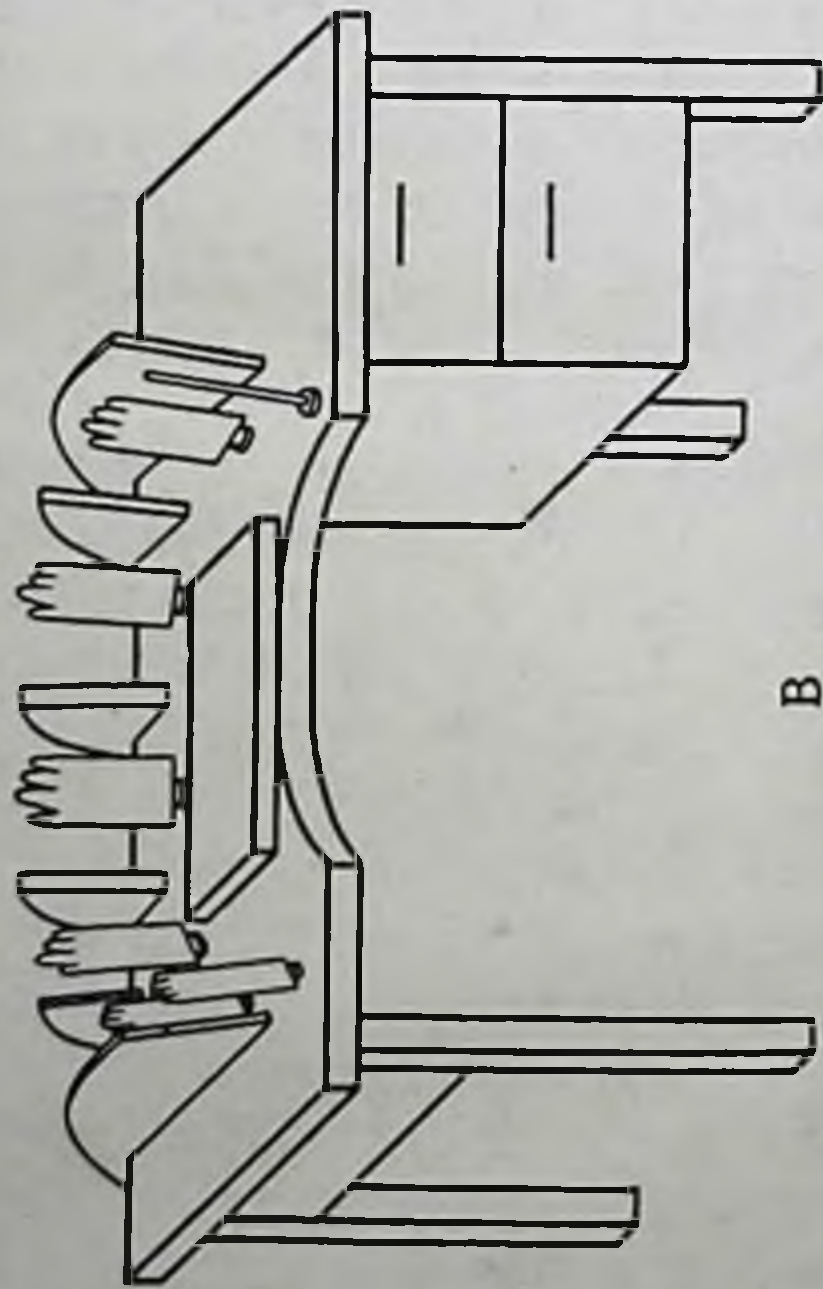
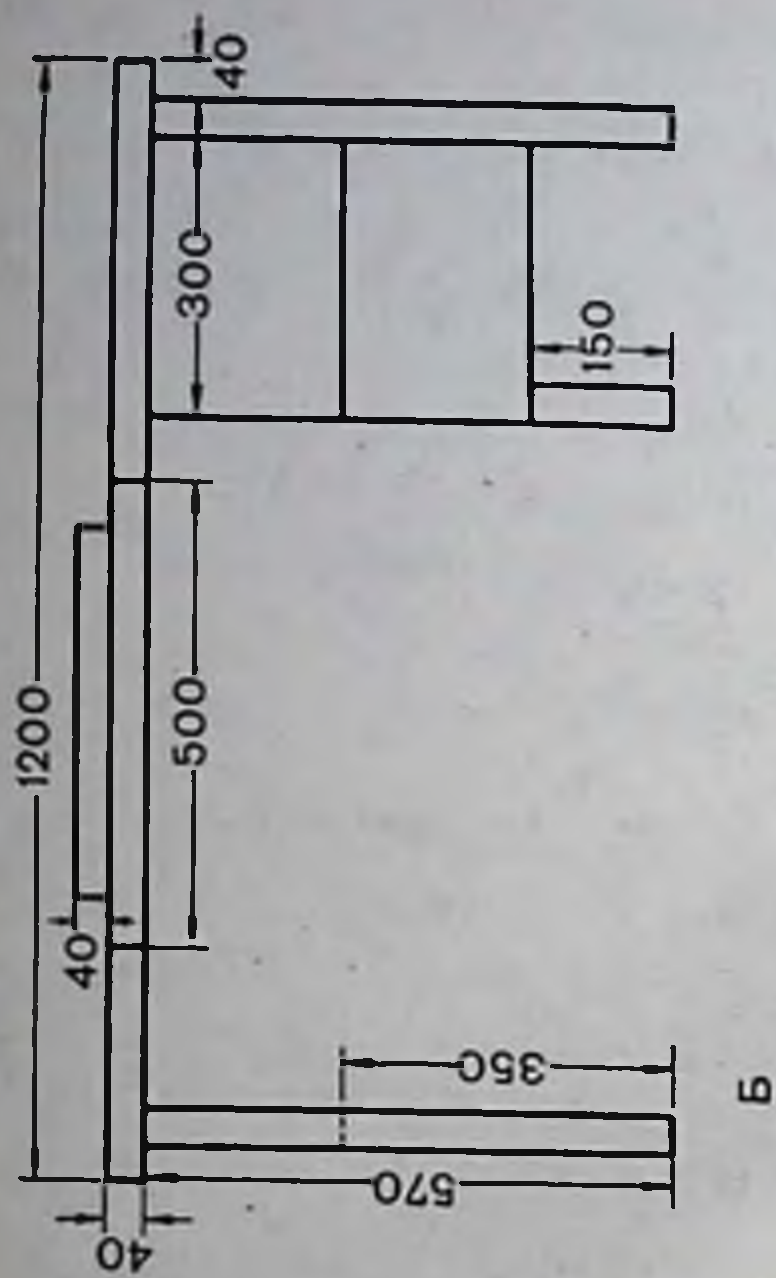
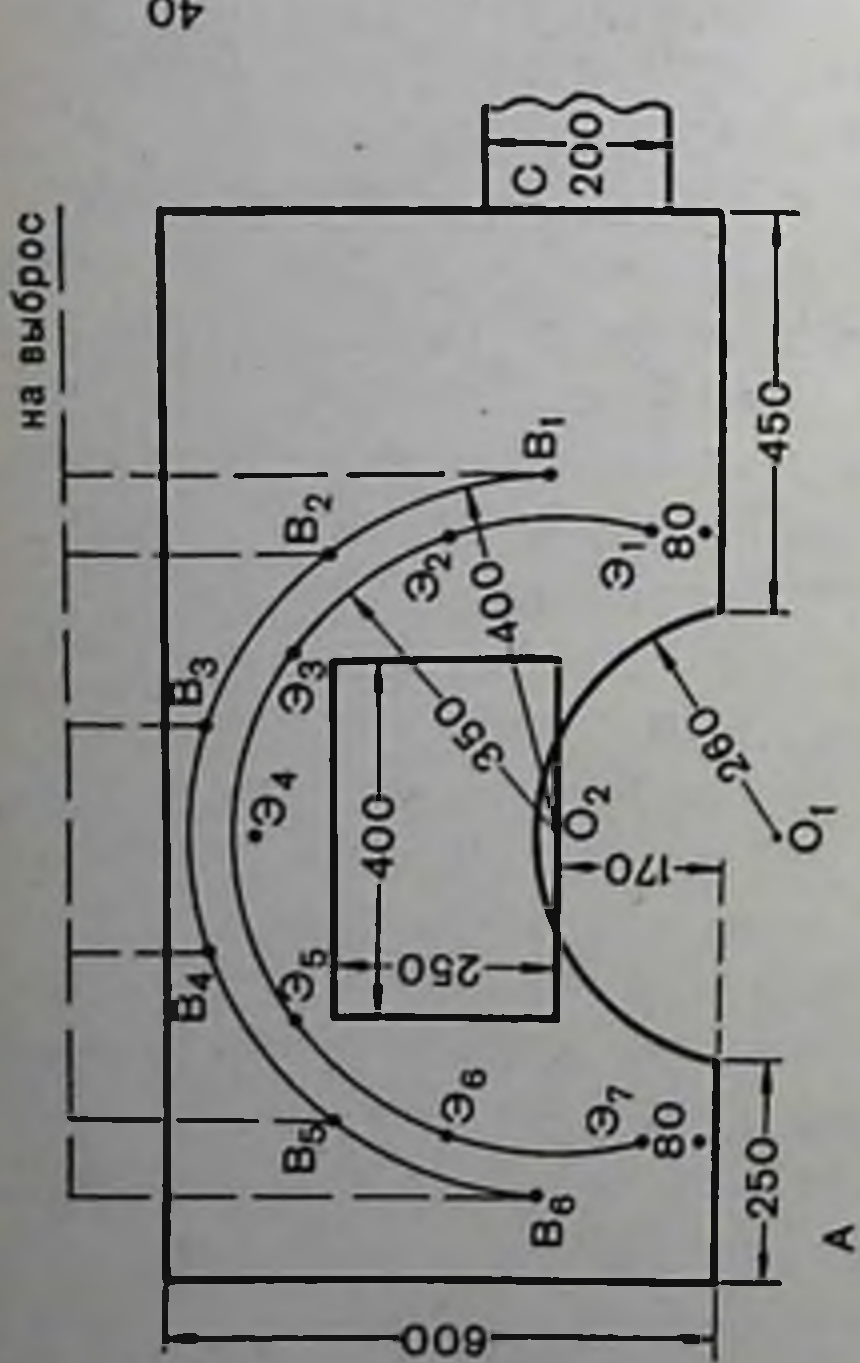


Рис. 83. Новая конструкция стола электроплавильницы для работы в позе «сидя».

А — вид сверху; Б — вид спереди; В — эскиз.



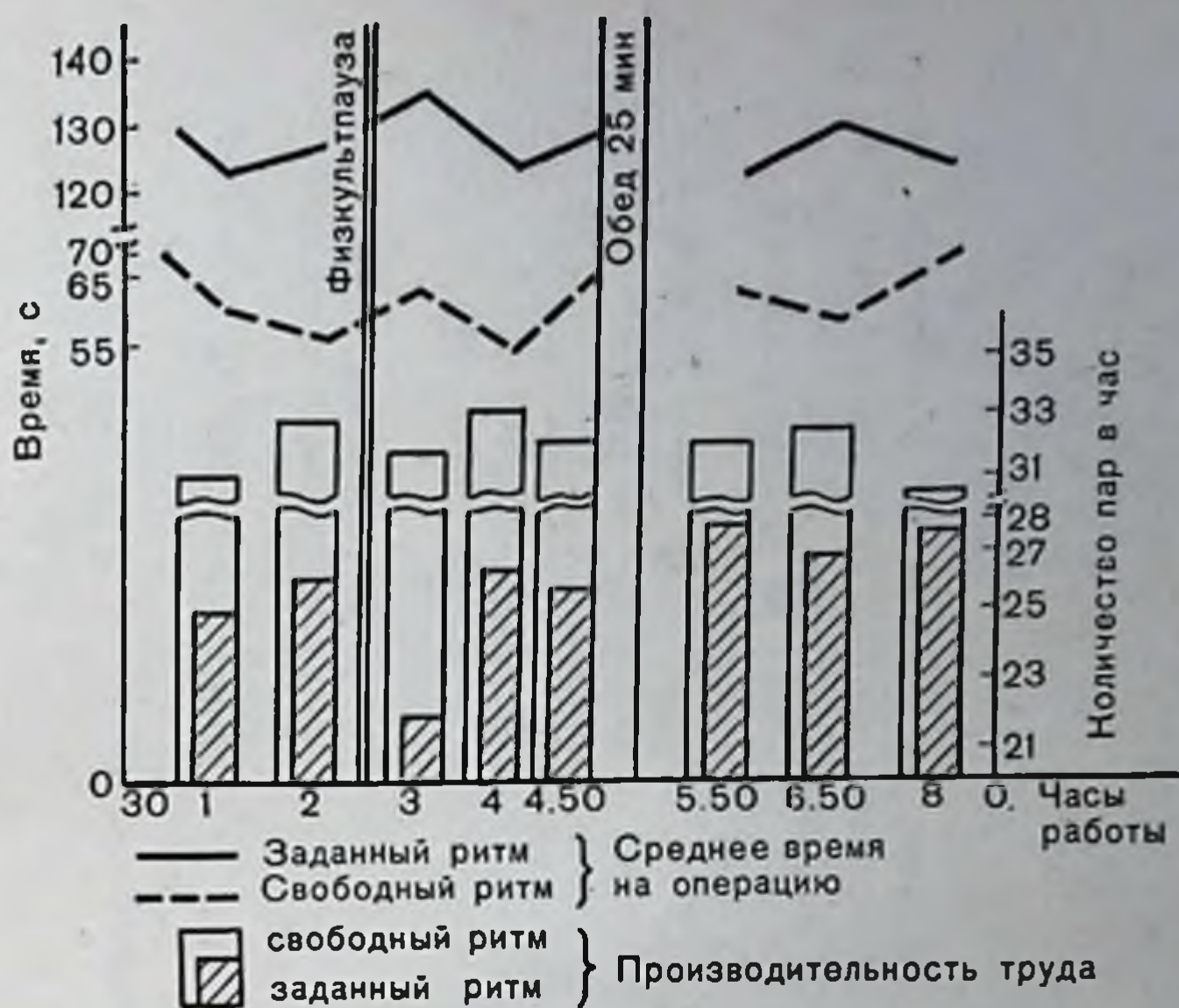


Рис. 84. Динамика почасовой выработки продукции и «штучного времени» на операции «вшить напалок большого пальца» у швей-мотористок при работе в заданном ритме на старых рабочих местах и в свободном ритме на новых рабочих местах.

низм работниц. Температура воздуха на рабочем месте приближается к таковой в нейтральной зоне цеха. У работниц улучшилось состояние центральной нервной системы, снизилась нагрузка на сердечно-сосудистую систему, а также снизились температура тела, кожных покровов, средневзвешенная температура кожи и потоотделение, повысился температурный градиент грудь — тыл кисти, грудь — голень.

**Поточно-групповой метод производства перчаток.** В кожгалантерейном производстве, в частности при изготовлении кожаных перчаток, так же как в обувном и швейном производстве, в настоящее время в целях снижения монотонности труда на смену поштучным (попарным) пооперационным конвейерам с заданным ритмом пришли пачковые пооперационные конвейеры со свободным ритмом.

Проведенный сравнительный эргономический анализ попарного пооперационного конвейера с заданным ритмом и пачкового пооперационного конвейера со свободным ритмом (табл. 39) показал, что они имеют специ-



Т а б л и ц а 39  
Сравнительная характеристика различных способов организации производства перчаток

Показатели	Конвейер с заданным ритмом	Конвейер со свободным ритмом	Поточно-групповая система со свободным ритмом
Монотонность			
количество одинаковых операций	Взять и отложить пару перчаток на конвейер (200—300 пар за смену)	Взять и отложить на конвейер пачку перчаток (5—8 пачек за смену)	Взять и отложить на расстояние вытянутой руки пачку перчаток (7—10 пачек за смену)
ритмичность труда	Часто нарушается (до 5—10 раз за смену) из-за задержек поступления заготовок, ухода исполнителей с рабочего места и т. д.	Бывают (до 2—4 раз за смену) случаи нарушения из-за несвоевременного поступления заготовок	Нарушения ритмичности отсутствуют
наличие совмещенных операций	Нет	Нет	Объединены операции «стрелки» и «клин»
наличие «конечного порыва»	Есть (показано на рис. 84)	Не отмечалось (по данным З. М. Золиной, Е. И. Шубочкиной, 1974)	Нет (показано на рис. 84)
Психологическая разобщенность	Есть	Есть	Нет
Характеристика связи между работницами	Одновременно выполняют одну и ту же операцию	Одновременно выполняют одну и ту же операцию	Имеет место многоканальность связи между



Уровень внимания как показатель активности психологического состояния	2—8 человек, не связанных друг с другом	2—8 человек, не связанных друг с другом	исполнителями, что объединяет их технологически и психологически
Время реакции на световой раздражитель как показатель скоростных возможностей раб-отниц	Снижается за 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ч работы на 51,8%	—	Снижается к концу смены на 20,4%
Эргономическое состояние рабочих мест	У большинства возрастает	Понижается или сохраняется без существенных изменений (З. М. Золина, Е. И. Шубочкина, 1974)	У большинства уменьшается
«Штучное время» на операцию «вшить напалок большого пальца», в с	Не соответствуют требованиям эргономики	Не соответствуют требованиям эргономики	Созданы новые рабочие места на основе требований эргономики в соответствии с анатомо-физиологическими особенностями работниц
Производительность труда, %	123—134,6	108,4—124,9	58,3—66,5
Наличие конвейерной установки	100	105—110	До 125,7—134,6 (по индивидуальным данным)
	Есть	Есть	Нет



фические и общие недостатки. Специфическим недостатком попарного конвейерного способа пошива перчаток является монотонность труда, проявляющаяся в снижении производительности труда в течение рабочей смены, часто возникающем состоянии «конечного порыва», являющемся результатом работы организма на пределе ресурсов, и снижение показателей физиологического состояния работающих.

Исследования показали, что если по какой-то причине работница на попарном конвейере отстала от его ритма, она может пропустить свою заготовку, которая к ней вернется по прошествии времени обращения конвейера. Швеи могут подолгу (до 5—10 мин) отсутствовать на своих рабочих местах, время на личные надобности в балансе рабочей смены у них составляет в среднем 3,6%, производственные простои — 2,5%.

Поштучная пооперационная конвейерная организация производства также не способствует полному использованию профессиональных качеств наиболее умелых работниц и положительного фактора усвоения ритма. Работницы с низкими профессиональными данными в какой-то степени являются узким местом системы, так как низкая производительность их труда задерживает продвижение по операциям изготавливаемой продукции.

Общими недостатками названных технологических процессов является перпендикулярное расположение швейных машин по отношению к конвейеру (транспортеру), что приводит к значительным ручным вспомогательно-переместительным операциям, к необходимости выполнения постоянных нерациональных поворотов туловища, левой руки и головы работницы (Гончаров И. А., 1973).

На конвейерах одну и ту же операцию одновременно выполняют несколько человек (максимально 8), рабочие места которых расположены друг за другом. Сам труд швей характеризуется большим количеством мелких операций при их жестком разделении между работницами. Это приводит к тому, что у работниц исчезает представление о конечном результате коллективного труда, снижается чувство ответственности за него, происходит разобщение их между собой технологически и, что особенно важно, психологически.

Психологическая и технологическая разобщенность между швеями приводит к периодическим недогрузкам



и перегрузкам работниц, к нарушению заданного ритма изготовления продукции, к залеживанию полуфабрикатов на стадии промежуточных операций на складе мастера и к необходимости ему перераспределять операции между исполнителями.

По мнению В. Г. Асеева (1973), такая неритмичность работы является одним из важных признаков монотонности и депрессивного состояния психики работающих.

Не отрицая смысла работы исполнителей в свободном ритме, положительные стороны которого были вскрыты в работах З. М. Золиной, Е. И. Щубочкиной (1974), А. В. Васильевой с соавт. (1972), М. Heider, E. Groll (1966) и др., мы считаем, что конвейеры со свободным ритмом не являются оптимальным решением организации производства.

Таким образом, возникла задача разработать такую систему организации производства, чтобы в ней осталась работа исполнителей в свободном ритме, но снизились в какой-то степени отрицательные факторы существующих систем организации производства. На основе нового оборудования: рабочее место швей-мотористки для индивидуального и поточного пошива перчаток; правильный стол для кожаных перчаток; машина для выворачивания полых изделий — была разработана принципиально новая поточно-групповая система для данного вида производства (рис. 85). Новая поточная система по численности работающих и по набору выполняемых операций соответствует существующим поточным (попарным) пооперационным конвейерам с заданным ритмом и пачковым пооперационным конвейерам со свободным ритмом на основе транспортного устройства КЛР-50КГ.

Главной особенностью поточно-групповой системы является то, что основной пошив перчаток производится двумя группами. Каждая группа состоит из 11 работающих, которые согласованно выполняют все операции пошива перчаток до выворотки. Рабочие места швей-мотористок в группах расположены под углом  $45^\circ$  к продвижению продукции, а рабочие места на отделочно-формирующих операциях (выворотчицы, электроплавильщицы и др.) стоят длинной осью вдоль линии продвижения продукции, что обеспечивает синхронность передачи полуфабрикатов.



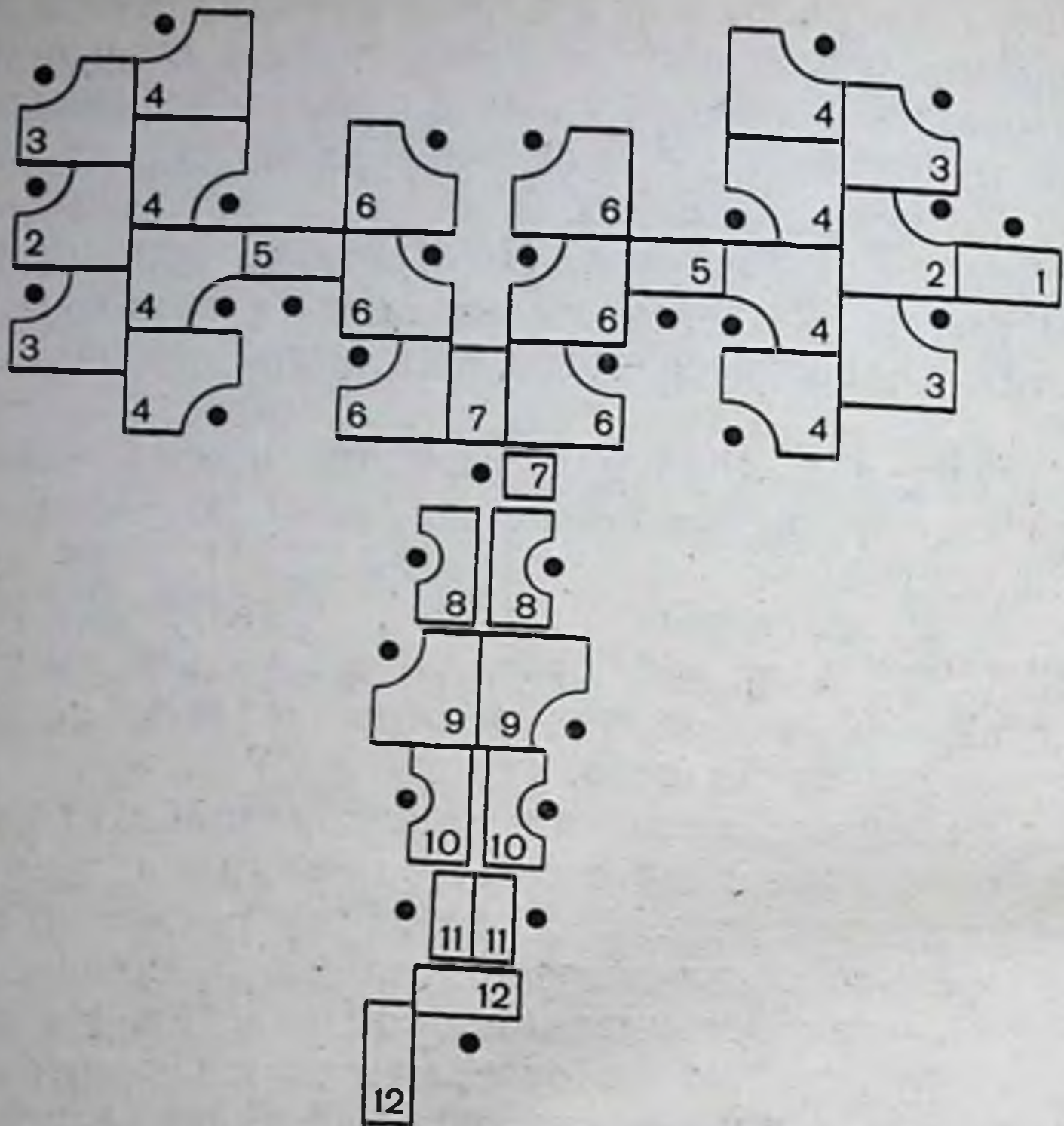


Рис. 85. Поточно-групповая система пошива мужских перчаток с внутренним швом.

1 — рабочее место запускницы; 2 — операция «выстрочка верха»; 3 — операция «вшивка напалка»; 4 — операция «вшивка стрелок»; 5 — операция «пришить резинку»; 6 — операция «закрывать перчатку»; 7 — операция «выворотка»; 8 — операция «вставка подкладки»; 9 — операция «подшивка манжеты»; 10 — операция «правка изделий»; 11 — контроль готовой продукции; 12 — операция «попарная сшивка и упаковка продукции».

С операции на операцию перчатки передаются вручную в виде пачки, при этом у работниц нет необходимости вставать с рабочего места для приема полуфабрикатов.

Поточно-групповая система обеспечивает многоканальность связи технологической цепи.

В поточно-групповой системе не устанавливаются запасные швейные машины, а при выходе из строя или при смене модели головки машин заменяются из резервов, имеющих у механиков цеха, что также экономит рабочее время работницы. Отсутствие конвейера и резервных рабочих мест экономит полезную площадь цеха и позволяет использовать ее рациональнее.



Современные конвейеры являются дорогостоящим и сложным инженерным сооружением, требующим для эксплуатации определенных пуско-наладочных и наладочных работ, постоянной затраты определенного количества электроэнергии. Отсутствие всех этих затрат в поточно-групповой системе снизит себестоимость выпускаемой продукции.

Современный труд, в частности работы по производству перчаток и в особенности труд швей-мотористок, характеризуется значительным нервным напряжением. Поэтому эргономический анализ производства включает в себя учет психологических критериев, в которые входят личностные субъективные факторы исполнителя, такие, как мотивация, интерес, психическое состояние, эмоциональное отношение к своему труду (Левитов Н. Д., 1964; Шеляховская Н. К., 1965; Асеев В. Г., 1973, и др.). Учет и создание оптимальных условий для их проявления — значительный резерв роста производительности коллективного труда.

Как показали фотохронометражные исследования и наблюдения за работой швей-мотористок при групповой работе в свободном ритме, у них теперь отсутствует время, которое тратилось на разговоры и необоснованные, с точки зрения производства, уходы с рабочего места. Они теперь имеют возможность, не отрываясь от выполнения работы, периодически обмениваться житейской и другой информацией, что восполняет недостаток информации, связанной с выполнением работы.

Преимущества работы на эргономически решенных рабочих местах основных профессий потока, психологическое и технологическое объединение всех членов системы, работающих в свободном ритме, дадут в сумме значительное повышение производительности труда и увеличение выпускаемой продукции при сохранении здоровья трудящихся по сравнению с существующими конвейерными системами.

Данная поточно-групповая система организации производства может быть применена в легкой промышленности и в других отраслях народного хозяйства, как при возрастающих, так и убывающих временных затрат на операции и небольшой массе обрабатываемых изделий. В настоящее время поточно-групповая система организации производства внедрена на Московском производственном кожгалантерейном объединении.



## VI. ЭРГОНОМИКА В СИСТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ГИГИЕНЕ, ФИЗИОЛОГИИ И ПСИХОЛОГИИ ТРУДА

В литературе уже отмечалось, что положение эргономики среди других наук и, в частности, ее соотношение с гигиеной еще не определялось в достаточной степени (Горшков С. И., Рошин А. В., 1974; Горшков С. И., 1974). Вместе с тем фактически дело обстоит так, что исследования по эргономике часто перекрещиваются с исследованиями по физиологии и психологии, а в условиях производства особенно — с исследованиями по гигиене. А это, при отсутствии указанной ясности в разграничении сфер их влияния, создает трудности в оформлении полученной научной информации, в оценке принадлежности к той или иной науке, в частности с точки зрения индексов УДК. К тому же нередко слышатся высказывания о том, что эргономика — это наука, наук, которая призвана осуществлять синтез достижений экономики, гигиены, физиологии и психологии (Платонов К. К., 1973). Такую же точку зрения высказывает Ж. Шеррер в книге «Физиология труда, эргономика». Ряд авторов понимают эргономику как универсальную науку о труде вообще. Так, например, В. Венда в предисловии к «Эргономике» польских авторов пишет, что широко «распространено мнение о том, что эргономика есть сумма ряда наук о трудовой деятельности...» Другие авторы, например В. Т. Сингльтон во «Введении в эргономику» и М. де Монмоллен в книге «Системы человек и машина», сводят эргономику к общей технологии труда или к общей технологии связей в системе «человек — машина».

Конечно, такие коренные различия в понимании сущности эргономики не способствуют успешности ее применения и даже, наоборот, являются причиной недоверия к ее возможностям. Такова, например, позиция гигиенистов, которые в столь широком понимании эргоно-



мики видят принижение роли гигиены и опасность конкуренции в решении издавна сложившихся проблем гигиены.

В связи с этим назрела необходимость формирования более объективного определения позиций эргономики и ее взаимоотношений с другими науками, с которыми ей приходится контактировать, — психологией и физиологией труда, гигиеной и техникой — имея в виду в особенности долголетние перспективы развития научных исследований. При этом должны учитываться современные представления науковедения о критериях, с точки зрения которых могут быть объективно охарактеризованы роль и место в системе наук как гигиены, так и эргономики, физиологии и психологии труда.

В настоящее время в науковедении Б. М. Кедровым предложены три таких критерия, названных им цементация, пивотация и фундаментация. Под цементацией понимается возможность той или иной науки объединить и сцементировать вокруг себя, т. е. связать в решении определенных проблем смежные научные дисциплины. Под пивотацией, или вертелизацией, понимается способность той или иной науки входить в систему наук, занимающихся последовательным углублением рассмотрения того или иного вопроса. Под фундаментацией понимается степень обоснованности научных положений той или иной науки фундаментальными методами исследования, в особенности с точки зрения методологии и математического их обоснования.

Рассмотрение эргономики с точки зрения этих критериев дает возможность представить ее объективное положение в системе наук и особенности ее взаимоотношений с гигиеной, физиологией и психологией труда.

Рассмотрение показывает, что принадлежность критерия цементации к гигиене и эргономике выражена в самой сильной степени. Обе эти науки цементируют вокруг себя для решения своих задач многие смежные науки.

Так, эргономика находится в тесной связи с техникой, гигиеной, физиологией и психологией труда. Цементирует эти науки труд человека, который изучается ими со своих особых позиций. Особой спецификой эргономики является изучение соответствия конструкций производственного оборудования и организации рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенно-



стям человека. В качестве критериев этого соответствия эргономикой разработаны гигиенические, физиологические и психологические требования к производственному оборудованию и к организации рабочих мест, которые в настоящее время оформляются в виде государственных стандартов. При этом эргономика рассматривает указанное соответствие как важнейший и обязательный принцип конструирования производственного оборудования и организации рабочих мест, нарушение которого ведет сразу к затруднению или невозможности использования оборудования и рабочих мест без вредных последствий для производительности труда или даже для состояния здоровья трудящихся.

Так, например, вполне очевидны последствия несоблюдения соответствия тех или иных размеров производственного оборудования антропометрическим размерам тела человека и особенностей конструкций оборудования силовым и скоростным возможностям человека, что, однако, фактически имеет место в настоящее время. Вполне очевидны также последствия несоблюдения гигиенических требований к конструкциям производственного оборудования, проявляющиеся тогда, когда оборудование из-за недочетов конструкции становится источником сильного производственного шума, чрезмерной вибрации, выделения вредных газов, пыли и т. д.

Выступающие углы и рычаги, острые грани, неуклюжая композиция, непривлекательная окраска оборудования являются источником отрицательных эмоций и снижения работоспособности, и отсюда понятны задачи дизайнеров сделать оборудование по внешнему виду источником положительных эмоций.

Таким образом, эргономика цементирует вокруг себя для решения своих задач гигиену, физиологию и психологию труда, технику, т. е. все те науки, которые дают конкретный материал для соблюдения принципа соответствия в конструкциях производственного оборудования и организации рабочих мест.

Эргономика как наука вполне соответствует также требованиям критерия пивотации, или вертелизации. Ее основной принцип — обязательность соответствия конструкций производственного оборудования и организации рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека — на различных этапах исторического развития человека принимал конкретные



формы, оставаясь всегда главным принципом построения орудий труда. Исторические науки, в частности археология, указывают, что история взаимоотношений человека и техники характеризуется огромным нарастанием темпов усложнения техники вплоть до научно-технической революции XX века.

На всех этапах развития взаимоотношений человека и техники решающим в отношении оптимизации этих взаимоотношений был принцип соответствия. Каменное, бронзовое или железное орудие труда всегда готовилось в соответствии с этим принципом «по руке» человека, пользующегося им. Соответствие определялось очень просто, «примеркой» орудия труда «по руке», и если этого соответствия не было, то орудие «доводилось» до соответствия самим владельцем. Принцип соответствия действовал в этих случаях стихийно, но безотказно. С изобретением и усложнением машин, с внедрением пультов управления и ЭВМ это соответствие может быть достигнуто только с помощью эргономики, путем применения в оценке конструкций производственного оборудования указанных выше гигиенических, физиологических и психологических требований эргономики.

Из сказанного видно, что эргономика отражает все исторические этапы характера взаимоотношений человека и техники, внося в них рационализацию, облегчение и оздоровление труда, делая его источником радости и вдохновения. Тем самым эргономика входит в неразрывную цепочку наук — социология, история, политическая экономия, археология, биология, физиология, психология, гигиена, техника, постепенно углубляющих процесс познания сущности взаимоотношений человека и техники, вплоть до составления прогноза этих взаимоотношений на будущее. Следовательно, эргономика вполне соответствует требованиям второго критерия науковедения — пивотации.

Что же касается критерия фундаментации, то его требования в эргономике заложены с самого начала ее возникновения. Рассмотренное выше историческое развитие взаимоотношений человека и техники в эргономическом аспекте указывает на то, что в его основе лежит диалектический метод. Именно этот метод дал возможность так использовать данные археологии, что они предстали в виде неразрывного единства человека, техники, природы и общества.



Изучая труд человека, эргономика близко соприкасается с физиологией труда и вместе с ней в последние годы осуществляет процесс математической фундаментации. Этот процесс вкратце сводится к следующему порядку математической обработки данных исследования физиологического состояния. В его основе лежит представление о том, что физиологические процессы подчиняются математической теории случайных функций. В силу этого представления физиологические процессы и производственные параметры в каждый из моментов времени можно классифицировать как случайные величины, а совокупность этих случайных величин, полученных по ходу проведения исследования и образующих таблицу, или как говорят математики, матрицу, можно представить как дискретную случайную функцию, ординатами которой являются случайные величины, найденные при измерениях.

Для обработки такой матрицы разработаны специальные алгоритмы, включающие:

1) значение текущего математического ожидания  $m(t)$ , указывающего на изменение среднего значения физиологического или гигиенического параметра в динамике рабочего дня;

2) значение средней оценки математического ожидания  $m(n)$ , позволяющего судить о физиологических функциях одного наблюдаемого за рабочий день в среднем;

3) текущую характеристику дисперсии  $D(t)$ , говорящую о степени отклонения физиологических или гигиенических параметров от средних в динамике смены;

4) среднюю характеристику дисперсии  $D(n)$ , указывающую величину колебания физиологического параметра у одного человека относительно его среднего значения (математического ожидания);

5) текущую автокорреляционную функцию  $r(t_1, t_2)$ , определяющую связь значений изучаемого параметра в разные моменты времени динамики рабочего дня. По мнению Р. М. Баевского (1965), чем более однородна внутренняя структура изучаемого ряда значений исследуемой функции, тем медленнее достигает нуля автокорреляционная функция, тем выше стационарность процесса;

6) коэффициент текущей взаимокорреляционной функции, устанавливающий взаимное влияние исследуе-



мых функций в отдельные моменты динамики рабочего дня, вычисляемый по всем наблюдаемым при их синхронном обследовании.

Обработка по этим алгоритмам производится с помощью ЭВМ. В результате такой обработки получается объективная характеристика связей функций друг с другом, характеристика достоверности отклонений функций под влиянием тех или иных трудовых воздействий и уровень их оптимизации при внедрении разработанных рекомендаций.

Такого рода математическая фундаментация применяется в эргономике в широком объеме, свидетельствуя о большой роли критерия фундаментации в эргономических исследованиях.

Таким образом, по всем критериям науковедения эргономика характеризуется как прогрессивная наука, занимающая передовые позиции в системе наук. Вместе с огромной важностью предмета изучения — взаимоотношение человека и техники с точки зрения соответствия конструкций производственного оборудования и организации рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека, рассматриваемые критерии науковедения позволяют оценивать эргономику как одну из важнейших наук современности, решающую в содружестве с гигиеной, физиологией и психологией труда коренные вопросы научно-технической революции.

В понимании взаимоотношений эргономики с другими науками существуют различные точки зрения. Вместе с тем интеграция наук и комплексный подход к решению практических задач — бесспорно, выраженная тенденция современного научного знания.

В нашей работе значительное внимание уделялось психофизиологическим проблемам эргономики, так как именно эти аспекты приобретают сейчас первостепенное значение при анализе и синтезе систем человек — машина. Однако мы не абстрагировались и от многих других проблем, возникающих при изучении и создании систем человек — машина. Исходя из системного подхода, вытекает необходимость контактов эргономики с другими науками, которые обогащают ее новыми идеями, методами, подходами, в целом способствуют ее развитию. Следует подчеркнуть, что, когда мы переходим к изучению системы человек — машина — среда в целом, не-



обходимость системного анализа становится очевидной.

Видимо, свойства этих систем — не просто сумма свойств составляющих ее звеньев. Система порождает и новые свойства. В этой связи возникает важная задача разработки интегральных критериев, которые позволили бы оценить параметры системы человек — машина именно как системы.

Мы полагаем, что системный подход должен сыграть важную роль в построении единой теории эргономики и в решении практических задач.

Реализация эргономических рекомендаций, выдвинутых на конкретных производствах авторами книги, доказывает их эффективность, что подтверждается нормализацией условий труда, рабочей позы, снижением тяжести и напряженности труда шлифовщиков, операторов пультов управления и машинистов мостовых кранов трубопрокатных станков, операторов счетно-вычислительных машин, швей-мотористок, раскройщиц, прядильщиц и ткачей предприятий легкой промышленности. Об этом же говорят дипломы различных конкурсов, свидетельства об участии в выставках, медали и удостоверения на рацпредложения и авторские свидетельства, полученные авторами книги, их участие в составлении эргономических ГОСТов. Все это подтверждает огромную эффективность производственной эргономики и ее перспективности в будущем.



## ЛИТЕРАТУРА

- Абдикулов А. А. Влияние рабочей позы на точность движений рук.— В кн.: Вопросы гигиены труда и профзаболеваний.— Караганда, 1974.— 300 с.
- Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса.— М.: Медицина, 1968.— 547 с.
- Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем.— М.: Медицина, 1975.— 447 с.
- Бельгольский Б. Н., Гликман Э. С., Чукмасова Г. Т. и др. Эргономические требования к организации рабочих мест в металлургии.— Соц. труд, 1970, № 7, с. 69—72.
- Беневоленская Н. П. Этюды по эргономике.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1977.— 141 с.
- Бочарова С. И. Переработка знаковой информации в процессах памяти.— В кн.: Психологические проблемы переработки знаковой информации.— М.: Наука, 1977, с. 140—142.
- Васильева А. В. Вопросы эргономики на пультах управления в тяжелой промышленности.— В кн.: Доклады на Всесоюзном совещании «Конструирование механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики».— М., 1971, с. 55—62.
- Виноградов М. И. Физиология трудовых процессов. 2-е изд.— М.: Медицина, 1966.— 367 с.
- Волкова И. М. К вопросу об ЭЭГ-коррелятах эффективности умственной деятельности.— В кн.: Материалы XXV Всесоюзного совещания по проблемам высшей нервной деятельности.— Вып. 2, М.: Наука, 1977, с. 26—27.
- Волкова И. М., Горьков С. И., Кулумбетов Б. М. Вопросы информационного взаимодействия в системе «человек — машина».— В кн.: Гигиена труда в химической промышленности.— Волгоград, 1975, с. 115—122.
- Волкова И. М., Кулумбетов Б. М. Электрофизиологические корреляты «психологической готовности».— В кн.: Материалы VII Всесоюзной конференции по электрофизиологии центральной нервной системы.— Каунас: КМИ, 1976, с. 85—87.
- Волкова И. М., Кулумбетов Б. М. К проблеме информационного взаимодействия в системе «человек — машина».— В кн.: Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 2.— М.: ВНИИТЭ, с. 211—213.
- Гончаров И. А. Модернизация пресса ПВГ-8-2-0 для улучшения условий работы.— Кожев.-обувн. пром-ть, 1973, № 12, с. 34—35.
- Горшков С. И. К вопросу о способе восприятия низкочастотного ультразвука.— Гиг. и сан., 1969, № 1, с. 15—21.
- Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М. Физиологическое обоснование применения сигнализации на рабочих местах в текстильной промышленности.— В кн.: Гигиена труда на предприятиях Москвы.— М., 1974, с. 41—45.
- Горшков С. И., Волкова И. М., Кулумбетов Б. М. Роль дополнительной афферентации в активации двигательных реакций и ускоренной афферентации в активации двигательных реакций и ускоренной



- нии информационного поиска.— В кн.: Материалы секционных заседаний XXIV Всесоюзного совещания по проблемам высшей нервной деятельности.— М.—Л., Наука, 1974, с. 110—112.
- Горшков С. И., Калинина Н. П. Устранение неудобной рабочей позы у прядильщиц и сьемщиц. М., 1964.— 23 с.
- Горшков С. И., Коханова Н. А., Мальцева О. М. Некоторые вопросы эргономики в текстильной промышленности.— Текстильная пром., 1970, № 8, с. 8—12.
- Горшков С. И., Роцин А. В. Гигиенические и физиологические требования эргономики.— В кн.: Доклады на Всесоюзном совещании «Конструирование машин, механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики».— М.: Изд-во АМН СССР, 1971, с. 5—28.
- Горшков С. И., Гончаров И. А. К вопросу о значении психологических критериев в эргономических исследованиях.— В кн.: Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 2.— М./ВНИИТЭ, 1974, с. 221—222.
- Горшков С. И., Роцин А. В. К формулировке задач эргономики.— В кн.: Проблемы инженерной психологии и эргономики.— Вып. 2. М./ВНИИТЭ, 1974, с. 221—222.
- Горшков С. И., Золина З. М., Мойкин Ю. В. Методика исследований в физиологии труда.— М.: Медицина, 1974.— 311 с.
- Горшков С. И., Гончаров И. А., Азова С. М. и др. Гигиенические условия труда в производстве перчаток.— Кожев.-обувн. пром., 1972, № 11, с. 13—15.
- Горшков С. И., Завалишин Д., Зараковский Д. и др. Современное состояние эргономики в СССР и социально-экономическая эффективность внедрения эргономических исследований.— В кн.: Методические проблемы эргономики. Матер. I Междунар. конф. специалистов стран — членов СЭВ и СФРЮ.— М./ВНИИТЭ, 1972, с. 169—276.
- Гуменер П. И., Глушкова Е. К., Сапожникова Р. Г. Характеристика влияния физической нагрузки на организм школьника.— Л.: Медицина, 1967.— 247 с.
- Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека.— М.: Наука, 1965.— 256 с.
- Елизарова В. В. Изменение некоторых физиологических показателей в зависимости от степени рациональности рабочей позы стоя.— Гиг. труда, 1979, № 4, с. 47—49.
- Жуков Е. К. Очерки по нервно-мышечной физиологии. Л.: Наука, 1969.— 179 с.
- Жунда С. Изучение и распространение передовых методов труда с помощью средств кино-, фото- и звукотехники.— В кн.: Научная организация труда в текстильной промышленности (Сб. статей).— М., 1970.— с. 76—79.
- Збарская Л. Ю. Некоторые физиологические сдвиги у операторов пультов управления трубопрокатных станков.— Гиг. и сан., 1965, № 7, с. 33—38.
- Зинченко В. П., Виргилис Н. Ю. Формирование зрительного образа.— М.: Изд. МГУ, 1969.— 106 с.
- Зинченко В. П., Мунипов В. М., Смолян Г. Л. Эргономические основы организации труда.— М.: Экономика, 1974.— 240 с.
- Зинченко В. П., Мунипов В. М. К проблеме классификации видов операторской деятельности.— В кн.: Психофизиология труда операторов автоматизированного производства.— М.: 1974, с. 25—29.



- Золина З. М.* Физиологические основы рациональной организации труда на конвейере.— М.: Медицина, 1967.— 332 с.
- Клинико-физиологические* исследования нервной системы при профессиональных заболеваниях. Под ред. Л. Г. Охнянской.— М.: Медицина, 1967.— 216 с.
- Козлов В. Н.* Вопросы эргономики сельскохозяйственной техники.— В кн.: Доклады на Всесоюзном совещании «Конструирование машин, механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики.— М., 1971, с. 101—108.
- Кокорев Н. П.* Гигиеническая оценка технологических процессов и оборудования в черной металлургии.— В кн.: Доклады на Всесоюзном совещании «Конструирование машин, механизмов и оборудования с учетом физиологических и гигиенических критериев эргономики».— М., 1971, с. 122—129.
- Коханова Н. А., Абдикулов А.* Экспериментальный стенд для моделирования рабочей позы и труда станочников.— Гиг. труда, 1975, № 11, с. 45—46.
- Коханова Н. А., Бархаш Г. И.* Изменение физиологического состояния шлифовщиков в зависимости от характера работы и конструктивных особенностей оборудования.— Гиг. труда, 1973, № 4, с. 43—45.
- Коханова Н. А., Бархаш Г. И.* Регистрация числа движений при помощи шагомеров.— Гиг. и сан., 1972, № 9, с. 100—101.
- Коханова Н. А., Елизарова В. В., Абдикулов А.* Эргономика в современном кузнечном производстве.— В кн.: Проблемы инженерной психологии и эргономики. Вып. 2.— М.: ВНИИТЭ, 1974, с. 242—244.
- Коханова Н. А., Елизарова В. В.* Изменение состояния высшей нервной деятельности при работе в условиях воздействия температурного фактора.— В кн.: Материалы секционного заседания XXIV Всесоюзного совещания по проблемам высшей нервной деятельности.— М.: Наука, 1974, с. 117—118.
- Кедров Б. М.* Диалектический путь теоретического синтеза современного естественнонаучного знания.— В кн.: Синтез современного научного знания.— М.: Наука, 1973, с. 9—16.
- Крюкова Д. Н.* Электромиографический анализ степени утомления позных мышц человека в зависимости от формы рабочего сиденья.— Гиг. труда, 1977, № 4, с. 12—16.
- Кудин П., Ломов Б., Митькин А.* О восприятии элементарных ритмических композиций на плоскости.— Техн. эстетика, 1969, № 8, с. 10—11.
- Кулак И. А.* Психические и физиологические функции организма человека и система НОТ.— Минск: Белорусь, 1974.— 256 с.
- Курашвили М. Е., Бояхчева О. Р.* Влияние микроклимата на терморегуляцию вальцовщиков в условиях трубопрокатного цеха Руставского металлургического завода.— В кн.: Вопросы гигиены труда, профессиональной патологии и промышленной токсикологии.— Тбилиси, 1966, с. 23—31.
- Лайз Г., Вюнш Б.* Параметры для приспособления рабочих мест к человеку.— В кн.: Психофизиологические и эстетические основы НОТ.— М.: НИИТруда, 1967.— с. 323—341.
- Левитов Н. Д.* Психология труда.— М.: Медицина, 1964.— 215 с.
- Ломов Б. Ф.* Эргономика и НОТ.— Соц. труд, 1969, № 8, с. 113—118.
- Медведь Р. А.* Влияние высокочастотного прерывистого шума на центральную нервную систему и орган слуха рабочих основных



- профессий кузнечного производства.— Тр. Горьковск. мед. ин-та им. С. М. Кирова, 1968, вып. 23, с. 57—63.
- Митькин А. А., Коссов Б. Ф.* Маршрут зрительного восприятия и некоторые пути его организации.— В кн.: Проблемы инженерной психологии.— М.: Наука, 1967, с. 2—55.
- Мойкин Ю. В.* Физиологические основы научной организации труда.— М.: Медицина, 1971—128 с.
- Мойкин Ю. В., Побережская А. С.* Электромиографические критерии утомления при статических усилиях.— Гиг. труда, 1973, № 4, с. 17—20.
- Мойкин Ю. В., Побережская А. С., Крюкова Д. Н.* Опыт рационализации рабочих поз швей-мотористок.— Гиг. труда, 1971, № 7, с. 24—27.
- Орлова Т. А.* Проблема борьбы с шумом на промышленных предприятиях.— М.: Медицина, 1965.— 208 с.
- Основные требования научной организации труда при проектировании предприятий, технологических процессов и оборудования.*— М.: 1967.— 197 с.
- Персон Р. С.* Электромиография в исследованиях человека.— М.: Наука, 1969.— 231 с.
- Пискун Л.* Перспективная разработка пропашного трактора.— Техническая эстетика, 1972, № 2, с. 2—4.
- Розе Н. А.* Психомоторика взрослого человека.— Л.: Изд. ЛГУ, 1970.— 128 с.
- Сидоров О. А.* Физиологические факторы человека, определяющие компоновку поста управления машиной.— М.: Оборонгиз, 1962.— 117 с.
- Строкина А. Н.* Анатомические вопросы конструирования рабочих сидений.— Техн. эстетика, 1971, № 11, с. 13—18.
- Строкина А., Плюшкине И.* Анатомо-физиологическое обоснование некоторых угловых параметров рабочего сиденья.— Техн. эстетика, 1972, № 7, с. 12—13.
- Уфлянд Ю. М.* Физиология двигательного аппарата человека.— Л.: Медицина, 1965.— 363 с.
- Фуксман А. Ю., Грызлова Т. А.* Организационный режим работы потоков со свободным ритмом.— М.: Легкая индустрия, 1972.— 126 с.
- Чернышев А. Н.* Эргономика в полиграфии.— М.: Книга, 1969.— 168 с.
- Чукмасова Г. Т., Збарская В. Ю., Рипак Э. Н.* и др. Гигиена и физиология труда в трубопрокатных цехах.— В кн.: Гигиена, физиология труда и профпатология в современном металлургическом производстве и горнорудной промышленности.— Киев, 1970.— 21—24.
- Шалютин С. М.* О кибернетике и сфере ее применения.— В кн.: Философские вопросы кибернетики.— М.: Соцэкгиз, 1961, с. 3—20.
- Шеляховская Н. К.* Временное психическое стартовое состояние в труде у учащихся-токарей профессионально-технического училища. Дис. М., 1965.— 21 с.
- Широков Ю. Г., Силантьев В. П., Зинина С. А.* Тензометрическое исследование нагрузки на кисти рук у сборщиков автопокрышек.— Гиг. труда, 1977, № 12, с. 53—57.
- Шумилина А. И.* Экспериментальный анализ формирования системных объединений коры и подкорковых образований в процессе выработки условных реакций.— В кн.: Современные проблемы



- физиологии и патологии нервной системы.— М.: Медицина, 1965, с. 240—255.
- Шумилина А. И.* Нейрофизиологический анализ системной организации условного рефлекса.— В кн.: Кибернетические аспекты в изучении работы мозга.— М.: Наука, 1970, с. 47—62.
- Эргономика.* Проблемы приспособления условий труда к человеку. Под ред. В. Ф. Венда. Пер. с польск. М.: Мир, 1971.— 421 с.
- Akerblom B.* Anatomic and physiologic basis for the construction of seats.— *Ergonomics*, 1969, v. 12, p. 120—131.
- Coupeau L., Besancon K.* Industrie siderurgique. Un aspect de l'evolution des risques au laminage.— *Arch. Mal. prof Med. trav.*, 1967, v. 28, p. 164—166.
- De Vries H. A.* Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves.— *Am. J. phys. med.*, 1968, v. 47, p. 125—135.
- Faverge J. M., Leplat J., Guigue S. B.* Przystosowanie maszyny do człowieka.— Warszawa, 1963.— 216 p.
- Grandjean E.* Physiologische Arbeitsgestaltung. Leit Faden der Ergonomie.— Thun und Munchen: Ott, 1967.— 268 с.
- Grandjean E., Burandt U.* Untersuchungen über das Sitzverhalten Büroangestellter und über die Auswirkungen verschiedenartiger Sitzprofile.— *Ergonomics*, 1969, v. 12, p. 338—348.
- Hacker W.* Some psychological aspects of establishing «humancentred» man-machine systems.— In: XX International congress of psychology.— Tokyo, 1972.
- Heider M., Groll E.* Belastungsunterschiede bei freier Arbeit und Bandarbeit.— *Z. Präventimed.*, 1966, Bd 11, S. 303—310.
- Mandel A. C.* Work-chair with tilting seat.— *Ergonomics*, 1976, v. 19, p. 157—164.
- (*Montmollin M. de*) *Монмоллен Морис де.* Системы человек и машина. Пер. с франц.— М.: Мир, 1973.— 255 с.
- Murrell K. F. H.* Ergonomics. Man in his working environment.— London: Chapman and Hall, 1965.— 496 p.
- Okon J. Paluszkiewicz.* Psychologia inzynieryjna.— Warszawa, 1966, 306 p.
- (*Rosner J.*) *Рознер Ян.* Приспособление условий труда к человеку.— В кн.: Эргономика.— М.: Мир, 1971, с. 25—30.
- Schneider H. T., Zippert H.* Das Sitzproblem in funktionell-anatomischer Sicht.— *Med. klin.*, 1961, Bd 27, S. 1164—1168.
- Schoberth H.* Das Sitzmobel am Arbeitsplatz. Dtsch. Gesellsch. Unfallheil., 1965, Bd 4, S. 340—446.
- Von W. Schultetus.* Die Ergonomie als Hilfsmittel zur Gestaltung von Produkten für den industriellen Gebrauch.— *Ergonomics*, 1974, v. 17, p. 515—527.
- Tichauer E. R.* Ergonomics: the state of the art.— *Am. indust. hyg. ass. j.*, 1967, v. 28, p. 105—108.
- (*Woodson W., Conover D.*) *Вудсон У., Коновер Д.* Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. Пер. с англ.— М.: Мир, 1968.— 518 с.
- Vademecum ergonomics in industry.* Ed. by F. Th. Kellermann, P. A. van Wely, P. J. Willems. Eindhoven: Centrex, 1963.— 92 p.



**Industrial ergonomics.** *Aditor* S. I. Gorchkov/AMS USSR.—  
M.: Meditsina, 1979, 312 pp., ill.

The successful development of ergonomic depends on its complex method of approach in close studying of the system «the man-machine and the industrial surroundings». The complex method of approach provides for the analysis of many factors, which characterises the system in action.

In industrial conditions the complex research is turned to bring to light unfavourable factors and bring them to conformity with the requirements of ergonomic.

The main stages of development of mutual relations between man and technique, the problems of ergonomic and its methods which are used in ergonomic researches are shown in the book. As distinct from the other monographs in the book much attention is given to the constructions of the industrial equipment which must meet the requirements of physiological and psychological means of man in different branches of industries such as mechanical engineering, tube-rolling production, textile industry in conveyor lines, in leather production and in organization the labour of the operator-computers.

This book is intended for hygienists, professional pathologists, physiologists of labour and specialists of Sanitary Epidemic Stations for which it will have an undoubted interest.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение — <i>С. И. Горшков, Н. А. Коханова, И. М. Волкова</i> . . . . .	3
I. Возникновение и сущность эргономики . . . . .	6
Научно-технический прогресс и возникновение эргономики — <i>Н. А. Коханова, С. И. Горшков</i> . . . . .	6
Взаимоотношения человека и техники — основной вопрос эргономики. Главные этапы развития этих взаимоотношений. Задачи эргономики — <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	13
Понятие «эргономическая система». Классификация внутрисистемных связей — <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	21
II. Методы изучения эргономической системы.— <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	30
III. Гигиенические критерии эргономики . . . . .	74
Физиологические основы биологического действия факторов производственной среды.— <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	74
Эргономический подход к нормированию факторов производственной среды.— <i>И. А. Гончаров</i> . . . . .	95
IV. Психофизиологические критерии эргономики . . . . .	113
Размерные соотношения на рабочем месте.— <i>Н. А. Коханова</i> . . . . .	113
Учет функциональных особенностей анализаторов.— <i>Н. А. Коханова</i> . . . . .	129
Силовые и скоростные особенности организма человека и их учет при конструировании органов управления оборудования — <i>Н. А. Коханова</i> . . . . .	139
Некоторые особенности эргономических требований к конструкциям оборудования, предназначенного для обслуживания женщинами — <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	154
Количество операций при обслуживании производственного оборудования — <i>С. И. Горшков</i> . . . . .	156
Особенности информационного взаимодействия при обслуживании производственного оборудования — <i>С. И. Горшков, И. М. Волкова</i> . . . . .	174
Учет психологических факторов в эргономике— <i>С. И. Горшков, И. А. Гончаров</i> . . . . .	203
	311



V. Научно-технический прогресс и решение вопросов эргономики применительно к отдельным видам профессиональной деятельности . . . . .	210
Станочные работы в машиностроении — <i>Н. А. Коханова</i>	211
Операторы пультов управления и машинисты мостовых кранов в трубопрокатной промышленности — <i>А. Н. Зеленкин</i> . . . . .	230
Операторы-вычислители клавишных ЭВМ — <i>Э. Ф. Шардакова</i> . . . . .	248
Конвейерные линии с чередованием ручных и автоматизированных операций — <i>С. И. Горшков, И. А. Гончаров, Е. Г. Жахметов, П. П. Можяев</i> . . . . .	255
Прядильно-ткацкое производство. — <i>С. И. Горшков, И. М. Волкова</i> . . . . .	258
Кожгалантерейное производство — <i>И. А. Гончаров</i> . . . . .	279
VI. Эргономика в системе исследований по гигиене, физиологии и психологии труда . . . . .	298

ИБ № 1860

**Производственная эргономика**

Редактор *О. М. Стронгина*

Художественный редактор *Н. И. Синякова*. Переплет художника *М. К. Гурова*. Технический редактор *Н. И. Людковская*. Корректор *Н. П. Фокина*.

Сдано в набор 22. 01. 79. Подписано к печати 28. 06. 79. Т-12318. Формат бумаги 84×108/32. Бум. тип. № 2. Г. лит. Печать высокая, усл. печ. л. 16,38, у.-изд. л. 17,41. Тираж 6700 экз. Заказ 1667. Цена 2 р. 50 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Медицина», Москва Петроверигский пер., 6/8.

Типография изд. «Звезда», г. Пермь, ул. Дружбы, 34.



**Дорогие читатели! Из настоящей книги следует, что история применения человеком орудий труда свидетельствует о том, что наибольшая эффективность и вместе с тем наименьшие затраты труда достигаются при условии полного соответствия орудий и рабочих мест анатомо-физиологическим и психологическим особенностям человека. О том, как достигается это соответствие, мы попытались рассказать в нашей книге, которая, как авторы надеются, будет вам верным наставником в этом деле.**