

В.М. Стрілець

ЕРГОНОМІКА РОБОЧИХ МІСЦЬ

Курс лекцій

Харків – 2012

Друкується за рішенням вченої ради факультету
техногенно–екологічної безпеки НУЦЗУ
Протокол від __.02.12 р. № _

Рецензенти: кандидат педагогічних наук, доцент Сажко Г.І., доцент
кафедри інформаційних технологій Української інженерно–
педагогічної академії
доктор технічних наук Росоха С.В., начальник факультету
оперативно–рятувальних сил Національного університету
цивільного захисту України

**Курс лекцій «Ергономіка робочих місць» / Укладач В.М. Стрілець. –
Харків: НУЦЗУ, 2012. – 165 с.**

Курс лекцій призначено для студентів, курсантів та слухачів і складено відповідно до Програми навчальної дисципліни „**Ергономіка робочих місць**” з підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційного рівня "магістр" у галузі знань 1702 "Цивільна безпека" за напрямом 8.17020201 "Охорона праці у сфері цивільного захисту" та "спеціаліст" у галузі знань 1702 "Цивільна безпека" за напрямом 7.17020201 "Охорона праці у сфері цивільного захисту".

Видання підготовлено на допомогу студентам, курсантам і слухачам не лише для засвоєння лекційного курсу дисципліни, але й для ефективного виконання самостійної роботи. Цьому сприяє поглиблене розкриття матеріалу лекцій.

УДК
ББК

ВСТУП

Ергономіка робочих місць – нормативна дисципліна циклу природничо–наукової, професійної та практичної підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» і «магістр» у галузі знань 1702 "Цивільна безпека" напряму підготовки "Охорона праці у сфері цивільного захисту". Ця дисципліна забезпечує формування у майбутніх фахівців необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь з питань застосування ергономічних методів для їх застосування у практичній діяльності інженера з охорони праці.

Мета вивчення курсу «Ергономіка робочих місць» полягає в тому, щоб сформуванати у слухачів теоретичні знання та практичні навички у сфері питань, що стосуються підвищення ефективності праці на робочому місці без зниження рівня безпеки працюючого.

Лекція 1. **ВИНИКНЕННЯ ТА СТАНОВЛЕННЯ ЕРГОНОМІКИ ЯК НАУКИ**

План лекції

1. Виникнення ергономіки
2. Розділи ергономіки та підходи до її вивчення
3. Основні проблеми ергономіки

1. Виникнення ергономіки

Що таке ергономіка?

Ергономіка (від грецьк. ἔργον – «робота» і νόμος – «закон» – «закон роботи») – у традиційному розумінні – наука про пристосування посадових обов'язків, робочих місць, обладнання та комп'ютерних програм задля створення найбільш безпечних та ефективних умов праці для людини, виходячи з фізичних і психічних особливостей людського організму.

Войтех Ястшембовський, який вперше запропонував використовувати термін «ергономіка» в 1857 р., мав на увазі науку про працю, що має ґрунтуватися на закономірностях науки про природу. Такий же зміст В.М. Мясіщев вкладав у поняття «ергологія», а В.М. Бехтерев – у зміст науки «ергонологія». Автори проектів цих нових навіть для 20–х років ХХ століття наукових дисциплін вказували на те, що трудова діяльність не вивчається в цілому жодною з існуючих наук, не вміщається в рамки жодного з існуючих предметів, незважаючи на свою крайню важливість.

Більш широке визначення ергономіки, яке було прийняте в 2010 році Міжнародною асоціацією ергономіки (IEA) (Міжнародною ергономічною асоціацією), звучить так: «Ергономіка – це наукова дисципліна, що вивчає взаємодію людини та інших елементів системи, а також сфера діяльності щодо застосування теорії, принципів, даних і методів цієї науки для забезпечення благополуччя людини та оптимізації загальної продуктивності системи».

З цього визначення випливають такі *головні завдання ергономіки*:

1. Проведення досліджень, спрямованих на пристосування елементів системи "людина – трудовий процес" до природних фізичних і психічних можливостей працівника.
2. Прагнення до забезпечення таким шляхом умов для максимальної ефективності праці.
3. Прагнення запобігти всім можливим загрозам для здоров'я працівника.
4. Прагнення до оптимальної витрати біологічних ресурсів у процесі праці.

Процес адаптації знарядь праці та машин до трудової діяльності людини своїм корінням сягає в давню історію. Так англійський психолог Бріан Шеккел у вступі до роботи, присвяченої проблемам ергономічних досліджень трудових процесів, пише: "В доісторичні часи люди самі виготовляли необхідну їм зброю та інструменти. Зручність і точна відповідність знарядь праці потребам людини були питанням життя і смерті. Якщо людина виготовила погану зброю і не

може досить ефективно її застосувати, на світі дуже скоро ставало одним поганим конструктором менше". Зазвичай вважають, що збереження форми знарядь праці протягом сотень і тисяч років означає, що такому знаряддю вдалося із самого початку надати досконалої форми. Таку думку зазвичай пов'язують з тим, що в давні часи їх творцями були самі майстри, яким доводилося застосовувати ці інструменти на практиці. Положення докорінно змінилося, коли ремісник, а пізніше промисловий робітник перестали самі виготовляти необхідні їм інструменти, а спеціалізація привела до появи особливих груп працівників, що виробляють інструменти або конструюють машини. Створювані ними знаряддя праці не завжди мали оптимальну форму та інші основні характеристики. Історія розвитку знарядь праці свідчить, що самовільного поліпшення якості цих знарядь праці, як правило, не відбувається. Причиною тому є звичка людини і негативне її ставлення до змін методів праці, до яких вона звикла із самого дитинства.

Крім цього, в давнину найманий робітник не був зацікавлений у збільшенні продуктивності праці, а правлячий клас не був знайомий з методами виробництва, існуючими технічними проблемами і не володів знаннями задля зміни знарядь праці.

Нові форми знарядь праці виникають тільки тоді, коли формуються нові трудові процеси, що не мають безпосереднього зв'язку зі старими.

На сьогодні теоретична і практична ергономіка набуває в різних країнах великого значення. Однією з причин цього є зростаючі вимоги працівників і профспілок до поліпшення умов праці і бажання виключити процеси, що призводять до виникнення втоми. Крім цього, посилення міжнародної конкуренції призводить до того, що машини, апарати, обладнання, якщо їх сконструйовано без урахування вимог ергономіки, користуються все меншим попитом на світовому ринку.

У багатьох країнах ергономіка (часто у вигляді фізіології чи психології праці) є предметом вивчення у технічних і економічних вищих навчальних закладах або на семінарах з підвищення кваліфікації керівних працівників.

Ергономіка, так чи інакше, пов'язана з усіма науками, предметом яких є людина як суб'єкт праці, пізнання і спілкування.

Ергономіка використовує дані гігієни праці, яка є розділом загальної гігієни, вивчає вплив виробничого середовища і трудової діяльності на організм людини та розробляє санітарно-гігієнічні заходи щодо створення здорових умов праці. За своєю природою ергономіка займається профілактикою охорони праці, під якою мається на увазі комплекс правових, організаційних, технічних, економічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці та збереження здоров'я працівників.

Ергономічний підхід до вивчення трудової діяльності не дублює досліджень, що проводяться у сфері психології, фізіології та гігієни праці, але спирається на них і доповнює їх.

Таким чином, ергономіка є комплексною міждисциплінарною наукою. У зв'язку з цим природним чином виникає питання, чи не слід продовжувати самостійні фізіологічні, психічні, медичні, інженерні дослідження у сфері пристосування праці до людини, об'єднуючи тільки їх результати. Іншими

словами, чи потрібна взагалі ергономіка, якщо є традиційні науки про трудову діяльність людини?

Якщо ігнорувати міждисциплінарний, комплексний характер проблем трудової діяльності, то в цьому випадку фахівцям з різних галузей знань доведеться розглядати спірні питання на спільних засіданнях, або піти на таке розширення кордонів власної спеціальності, щоб охопити всі споріднені із нею дисципліни.

Другий шлях у вирішенні проблем трудової діяльності людини передбачає об'єднання різних фахівців в одну групу. Саме таким шляхом і зародилася ергономіка.

З іншого боку, ергономіка органічно пов'язана з художнім конструюванням (дизайном), метою якого є формування гармонійного і предметного середовища, що відповідає матеріальним і духовним потребам людини. Саме це дозволяє розглядати ергономіку як природничо–наукову основу дизайну.

Ергономіка не може ефективно вирішувати поставлені перед нею завдання поза тісними зв'язками із промисловою соціологією і соціальною психологією та іншими суспільними науками. Поза цими зв'язками ергономіка не може правильно прогнозувати соціальний ефект від впровадження розроблених нею рекомендацій. Впровадження результатів ергономічних досліджень у практику дає відчутний соціально–економічний ефект. Як вітчизняний, так і зарубіжний досвід впровадження ергономічних вимог свідчить про те, що це стимулює суттєве підвищення продуктивності праці. При цьому урахування людського фактора є постійним резервом збільшення ефективності суспільного виробництва.

Таким чином, ергономіка виникла на стику біології, психології, техніки і науки про організацію праці. У своїй розвинутій формі у вигляді комплексної науки ергономіка при аналізі системи «людина – машина» у все більшій мірі використовує поряд з іншими науками кібернетику (або теорію інформації).

З розвитком виробництва змінюються умови, методи і організація трудової діяльності людей, зазнають суттєвих змін функції, роль і місце людини у праці. Відповідно на різних історичних етапах виступають на перший план ті чи інші аспекти дослідження трудової діяльності. У значній мірі енергетичний підхід до її вивчення, зумовлений перевагою в минулому ручної праці, був типовим для досліджень у сфері фізіології праці, що виникла в ХІХ столітті. З фізіологією праці тісно пов'язана гігієна праці – профілактична дисципліна, що вивчає вплив трудового процесу і виробничого середовища на організм працівників. На початку ХХ століття, коли з'явилися складні види трудової діяльності (керування автомобілем, локомотивом, літаком тощо), які висували підвищені вимоги до швидкості реакції, сприйняття та інших психічних процесів людини, виникла *психологія праці*.

Диференціація наук, які вивчають людину в праці, зіграла і продовжує відігравати позитивну роль у розвитку наших знань про неї. Проте, поряд із цим стала проявлятися цехова відособленість наукових дисциплін, з'явилися ознаки втрати уявлення про цілісність людини у трудовій діяльності. У міру накопичення знань виникали контакти між науками. Гігієна праці змушена була

звертатися до даних фізіології і психології праці, психологія праці – до даних гігієни та системотехніки і т.д. Це й зрозуміло, оскільки насправді людина у трудовій діяльності являє собою не суму розрізнених елементів, а органічне ціле. У результаті трудової діяльності психологічні компоненти не відокремлені від фізіологічних і соціальних. Певний вплив на них справляють і технічні засоби, з якими людина взаємодіє.

Історично в удосконалюванні діяльності можна виділити два періоди: *традиційний (емпіричний)* і *науковий*. *Традиційний період* включає багато сотень років. Удосконалювання діяльності, наприклад, рятувальників складалося на основі особистого і колективного досвіду, традиційних і емпіричних знань. На зміну традиційному періоду прийшов *науковий*. Об'єктивними передумовами цього періоду стали, у першу чергу, створення високопродуктивних зразків спеціальної техніки і виникнення таких професій як пожежний, рятувальник, газодимозахисник... Постає необхідність організувати їхню бойову роботу на основі наукових досягнень і рекомендацій.

Першим із цілісною системою поглядів на удосконалення трудової діяльності, результатом реалізації яких були конкретні розробки, виступив американський інженер Ф.Тейлор (1856–1915 рр.). Основні принципи, сформульовані ним, було зведено до наступного:

- адміністрація повинна взяти на себе роботу зі збирання всієї сукупності знань і навичок, якими володіють робітники, що працюють на даному підприємстві;
- визначення наукових основ кожної операції, установлення чітких правил для кожного руху, а також удосконалення і стандартизація всіх знарядь і умов праці;
- ретельний відбір і наступне тренування робітників, з метою створення з них першокласних виконавців установлених наукових методів роботи, та звільнення нездібних (неуспішних);
- надання систематичної допомоги й уваги робітникам, переведеним на нові методи роботи, включаючи виплату кожному працівникові щоденного заохочення за прискорену роботу і за точне виконання покладених на нього завдань.

Принципи, як видно, є досить серйозними і звучать сучасно. Це й узагальнення досвіду, і підведення наукових основ, і стандартизація, і система підготовки кадрів, і економічне стимулювання процесів праці.

У 1921 році на Першій Всеросійській ініціативній конференції з наукової організації праці й виробництва серйозному обговоренню піддалося питання про комплексне вивчення трудової діяльності людини представниками різних наук, у кожній з яких вона розглядалася під певним кутом зору. При цьому було визнано доцільним систематизувати наявні знання з погляду відношення до праці.

На початку двадцятих років були створені Центральний інститут праці в м. Москві, Казанський інститут наукової організації праці, Всеукраїнський інститут праці в м. Харкові тощо. Основним напрямком діяльності вчених цих та інших подібних науково-дослідних установ у той час стало вивчення робочих рухів людини з погляду фізіології. Тут було досягнуто конкретних ів

Зокрема, були розроблені методики навчання оптимальним прийомам праці й автомати для формування навичок у роботі з різними інструментами (фактично тренажери). Ці методики застосовувалися не тільки у промисловості, але й у процесі підготовки льотчиків.

У самостійний науковий напрям роботи, пов'язані з удосконаленням діяльності персоналу, оформилися в 1949 р. в Англії, коли група британських вчених організувала ергономічне дослідницьке товариство. У цей же період у США проводилися дослідження в галузі “людської інженерії” з явно вираженою психологічною спрямованістю. В 1957 р. там виникло Товариство з вивчення “людського фактора” (human factors), яке займалося ергономічними дослідженнями. У ФРН їх виконують в рамках “антропотехніки”.

На сьогодні найбільш поширеним є англійський термін «ергономіка».

Стосовно становлення ергономіки необхідно відмітити, що раніше, ніж в інших сферах людської діяльності, розв'язанням питань удосконалення діяльності персоналу почали займатися в армії. Фахівець з наукової організації праці двадцятих років ХХ ст. А.Верховський писав : “... коли вивчаєш праці Файоля Тейлора та інших, то з очевидністю бачиш, що вони йдуть по дорозі, уже давно практично пройденій військовою організацією, яка, проте, не знайшла ще відображення в надрукованих працях”. Дійсно, армія завжди виділялася, в порівнянні з іншими сферами людської діяльності, більш чіткою і продуманою організацією бойової роботи, її узагальненням у різних керівних документах. Так, наприклад, у 30–ті роки було розроблено спеціальну методику навчання деяким спеціальностям інженерних частин – понтонним, саперним, залізничним та автомобільним. У розробці було дано характеристику робочих місць, тренувальних пристроїв, навчальних програм, інструкційних карток і теоретичних коментарів.

Ергономіка в сучасному розумінні виникла в 1920–х роках, у зв'язку зі значним ускладненням техніки, якою повинна була керувати людина у своїй діяльності. Практично одночасно перші дослідження з ергономіки почали проводитися у Великобританії, США, Японії, Радянському Союзі.

Як правило, розглядають *п'ять етапів становлення ергономіки*:

1) Події, що відбулися до Першої світової війни

До Першої світової війни відбувалось тільки випробування на сумісність людини та машини методом проб і помилок. Дослідження було спрямовано на підвищення ефективності роботи людей на робочому місці. В першу чергу доцільно виділити дослідження F.W. Taylor. Наступним кроком стало отримання оцінок формального часу і руху в дослідженнях Frank Gilbreth, Sr. та Lillian Gilbreth. Окремо доцільно відмітити внесок американського винахідника Simon Lake, який провів дослідження впливу психологічних чинників на ефективність застосування підводного човна.

2) Події, що відбулися під час Першої світової війни

З початком Першої світової війни було розроблено більш складне устаткування. Нездатність персоналу до використання таких систем призвела до збільшення інтересу до людських здібностей. Раніше в центрі авіаційної психології льотчик перевіряв все на собі. Але з плином часу акцент змістився на літак, зокрема дизайн елементів керування та індикації, а також вплив

природних ефектів (наприклад, висоти) на пілота. Війна сприяла появі аеромедичних досліджень і проведенню випробувань та появі відповідних методів вимірювання. Проте війна не створила дисципліну ергономіку (HF) як таку, в першу чергу через те, що на той час технологія була не дуже просунута.

3) Події, що відбулися у період між Першою і Другою світовими війнами

У цей період спостерігався порівняно повільний розвиток ергономіки. Хоча протягом цього періоду почали набирати силу дослідження поведінки водія, оскільки Генрі Форд надав мільйонам людей автомобілі. Іншою важливою подією в цей період став розвиток аеромедичних досліджень. Ще до кінця Першої світової війни в США були створені дві авіаційні лабораторії (у штатах Техас та Огайо). На початку 1930-х було розроблено перший імітатор польоту. В подальшому ця тенденція продовжилася і було створено більш складні тренажери та випробувальне обладнання. Іншою важливою подією стали дослідження впливу ефектів освітлення на продуктивність праці у цивільному секторі. Було показано, що мотиваційні чинники можуть справляти істотний вплив на результати людської діяльності.

В цей же час у СРСР було розроблено проект Ергологічного інституту (1920 р.), де в 20–30-ті роки було сформовано концепцію ергонології і проведено перші ергономічні дослідження.

4) Події, що відбулися під час Другої світової війни

З початком Другої світової війни вже було неможливо прийняти тейлорівський принцип відповідності людини існуючому робочому місцю. Тепер конструкція обладнання почала враховувати обмеженість і можливості людини. Було проведено багато досліджень з метою визначення людських можливостей і обмежень, яких необхідно дотримуватись. Прикладом цього є дослідження, проведені Fitts та Jones, які вивчили найбільш ефективну конфігурацію ручки керування, якою необхідно користуватись у кабіні пілотів. Багато що з цього дослідження було використано при розробці іншого обладнання, з тим щоб зробити органи керування та індикатори легшими у користуванні для операторів. Після війни Військово-повітряні сили США опублікували 19 томів узагальнень наукових результатів, які було отримано під час війни.

5) Події, що відбулися після Другої світової війни

Початок холодної війни стимулював значну підтримку міністерствами оборони нових науково-дослідних лабораторій. Крім того, почали розширятись лабораторії, створені під час війни. У більшості післявоєнних досліджень спонсорами були військові. Великі суми грошей виділялись університетам задля проведення ергономічних досліджень. Сферу дослідження також розширили – від невеликого обладнання робочого місця до всієї робочої станції і системи в цілому. Одночасно з цим багато можливостей для дослідження було відкрито і в цивільній сфері. Акцент змістився від дослідження до участі (через раду інженерів) у проектуванні обладнання. "Дозрівання" дисципліни відбулось після 1965 року – з розвитком комп'ютерів і комп'ютерних програм.

Заснована в 1957 році Міжнародна Ергономічна Асоціація (IEA) є найбільшою у світі організацією професіоналів, присвячених науці людського фактора і ергономіки. Місією Асоціації є сприяння відкриттю та обміну знаннями про особливості людини, які поширюються на проектування систем і пристроїв всіх видів.

На основі накопичених знань виникла потреба в цілісній системі уявлень про працюючу людину, про її взаємовідносини з технікою і навколишнім середовищем. Але справа, звичайно, не тільки в логіці розвитку наук.

Сучасні виробництво і транспорт, оснащені складними технічними системами, висувають до людини нові вимоги, оскільки змушують її іноді працювати на межі психофізіологічних можливостей і в екстремальних ситуаціях.

Різні види трудової діяльності пов'язані з відповідальністю людини за ефективно і надійно функціонування складних систем. Різко збільшується ціна помилки людини при проектуванні систем, а також у процесі їх використання.

Показники фізичного середовища на виробництві, в установах, у кабінах літаків, тракторів і т.д. (освітленість, склад повітря, атмосферний тиск, шум і т.п.) також повинні бути узгоджені з психофізіологічними можливостями та особливостями людини. Тільки тоді можна розраховувати на високу ефективність і якість праці людини при одночасному збереженні її здоров'я.

Раніше кожен варіант обладнання міг буквально століттями вдосконалюватися. Зараз же суспільство не має часу для цього (за останнє десятиліття, наприклад, змінилося декілька поколінь ЕОМ). Тому при проектуванні нової і модернізації існуючої техніки необхідно заздалегідь і з максимальною повнотою враховувати можливості й особливості людей, які будуть нею користуватися. Тепер у роботі з великими системами можна діяти тільки одним способом – заздалегідь теоретично все розрахувати і перевірити, а на практиці діяти напевно.

2. Розділи ергономіки та підходи до її вивчення

Ергономіка вивчає дії людини у процесі роботи, швидкість освоєння нею нової техніки, кількість затраченої нею енергії при виконанні певних видів роботи, продуктивність та інтенсивність при виконанні конкретних видів діяльності. Сучасна ергономіка підрозділяється на

- мікроергономіку;
- міді ергономіку;
- макроергономіку.

Мікроергономіка (іноді її помилково називають мініергономікою) займається дослідженням і проектуванням систем «людина – машина». Зокрема проектування інтерфейсів програмних продуктів знаходиться у віданні мікроергономіки.

Мідіергономіка займається вивченням і проектуванням систем: «людина – колектив», «колектив – організація», «колектив – машина», «людина – мережа». Саме мідіергономіка досліджує виробничі взаємодії на рівні робочих місць і виробничих завдань. До відання мідіергономіки, зокрема,

відноситься: проектування структури організації та приміщень; планування і встановлення розкладу виконання робіт; гігієна і безпека праці.

Макроергономіка досліджує і проектує більш загальні системи, такі як «людина – суспільство», «організація – система організацій».

При вивченні і створенні ефективних керованих людиною систем в ергономіці використовується системний підхід. Для оптимізації керованих людиною систем ергономіка використовує результати досліджень у психології, фізіології (особливо нейрофізіології), гігієні і безпеці праці, соціології, культурології й багатьох технічних, інженерних та інформаційних дисциплінах. Деякі терміни ергономіки стали широко вживатися в побуті, наприклад *людиногодина* (міра тимчасової ємності діяльності). На сьогодні відкриття ергономіки використовуються не тільки на виробництві, але також у побуті, спорті і навіть у мистецтві.

3. Основні проблеми ергономіки

Першою, найбільш істотною *проблемою* є недостатня ефективність системи «чоловік – машина – середовище» (СЧМС), яка часто виявляється нижче розрахункової, очікуваної. У багатьох випадках людина–оператор не в змозі повністю використовувати весь потенціал СЧМС із безлічі причин. До них відносяться: неузгодженість параметрів обладнання і можливостей людини працювати в умовах дефіциту часу та інформації, потужного впливу зовнішніх факторів (шум, вібрація, випромінювання, мікроклімат тощо); недооцінка зацікавленості людини у використанні нової техніки, рівня її інтелектуального і морального розвитку та ін. Незнання або ігнорування розробником і конструктором цих причин, що утворюють людський фактор, призводило до того, що продуктивність нових СЧМС в 70–х – на початку 80–х років підвищувалася не більше ніж на 25 – 30 %.

Другою проблемою СЧМС є феномен зростання травматизму людей, що взаємодіють із технічними системами на виробництві, транспорті та в побуті. Так, згідно зі статистичними даними, які були наведені на VI конгресі ергономічної асоціації (Вашингтон, 1976 р.), в 1946 р. в Англії та Уельсі смертність від інфекційних захворювань у два рази перевищувала смертність в результаті різних нещасних випадків. У 1961 р. ситуація тут різко змінилася: смертність внаслідок нещасних випадків у три рази перевищила смертність від інфекційних захворювань. У США поява в 60–70–х роках нових поколінь техніки змінила звичні уявлення про їх небезпеку для людини на виробництві та корисності в побуті. На виробництві у США щорічно гине близько 14 тис. чоловік і отримують каліцтва 2,3 млн. чоловік. На транспорті відповідно гине приблизно 45 тис. осіб і більше 2 млн. залишаються каліками. А у взаємодії із сучасною складною побутовою технікою щорічно гине 27,5 тис. осіб і 4,2 млн. стають інвалідами. В цілому, якщо врахувати всі нещасні випадки у світі, пов'язані з використанням машин, устаткування, технічних пристроїв, то щорічно страждають від них більше 10 млн. чоловік, причому близько півмільйона з них гине.

Третя проблема трудової діяльності людини в СЧМС пов'язана з дуже високою плинністю кадрів. Головною причиною кадрової нестабільності є незадоволеність працівника своєю працею, тим, як спроектовано технологічний процес, як організовано його виконання. Задоволеність визначається мірою збігу уявлень працівника про зміст, характер, організацію його праці з тим, яким чином все це реалізовано в дійсності.

Четверта проблема сучасних СЧМС пов'язана зі зростанням числа нервово-психічних захворювань, викликаних так званим «індустріальним стресом». На думку фахівців, у сучасних умовах збільшився вплив на центральну нервову систему факторів, що часто мають стресогенний характер, на виробництві, в побуті, на відпочинку. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, в 65 країнах світу, де проживає понад 3/4 населення Земної кулі, на обліку в психоневрологічних закладах перебуває приблизно від 72 до 80 млн. психічно хворих, які потребують обов'язкового стаціонарного лікування, а прямі грошові витрати, пов'язані з лікуванням цих хворих, обчислюються сумою в 30 млрд. дол.

Значна частина цих захворювань спричинена темпами й особливостями організації сучасного виробництва.

Цілком очевидно, що при проектуванні, впровадженні та експлуатації систем «людина – техніка – середовище» повинні враховуватися реальні можливості людини, якій належить працювати в системі. Ергономіст повинен чітко уявляти розмір допустимих фізичних, інтелектуальних та емоційних витрат, яких потребує робота з конкретною технічною системою, і відповідно до цього коригувати дії як її творців – інженера-розробника, конструктора, технолога, – так і тих, хто безпосередньо працює на робочому місці.

Контрольні питання

- Розкрийте історію появи терміну «ергономіка».
- Вкажіть етапи становлення ергономіки.
- Вкажіть, у якій мірі є різними основні завдання різних розділів ергономіки.
- Розкрийте проблеми ергономічного забезпечення діяльності працівників.

Лекція 2. ПОНЯТТЯ МЕХАНІКИ ТІЛА ЛЮДИНИ ТА ПАРАМЕТРИ ЇЇ ОПИСУ

План лекції

1. Механізм програмування й управління рухом у людини
2. Параметри, які використовуються в механіці живого тіла
3. Біомеханічні особливості м'язової системи

Аналіз анатомо–фізіологічних особливостей опорно–рухового апарату на основі законів механіки має велике прикладне значення і становить предмет особливої науки – *біомеханіки*. Дані останньої використовуються в ергономіці, в першу чергу, для раціоналізації трудових рухів. При вивченні структури рухів враховується, що в будь–якому русі беруть участь не всі, а лише певні групи м'язів.

1. Механізм програмування й управління рухом у людини

Рухи (включаючи мовлення й письмо) – головний спосіб взаємодії організму людини з оточенням. У цій взаємодії рефлексорні відповіді, спонукувані стимулами зовнішнього середовища, що спонукаються лише частину рухової активності; інша її частина – це активність, яка ініціюється «зсередини». Мозок не просто відповідає на стимули, що надходять ззовні, він перебуває в постійному діалозі із середовищем, причому ініціатива в ньому належить саме мозку.

Загальні відомості про нервово–м'язову систему

Стосовно людини об'єктом керування є опорно–руховий апарат. Своєрідність скелетно–м'язової системи полягає в тому, що вона складається з великої кількості ланок, рухливо з'єднаних у суглобах. Суглоби можуть дозволяти ланкам повертатися відносно однієї, двох або трьох осей, тобто володіти одним, двома або трьома ступенями волі. Кістякові м'язи являють собою дуже своєрідні двигуни, які перетворюють хімічну енергію безпосередньо в механічну роботу й теплоту. Як же нервова система управляє м'язом? Один руховий нейрон (мотонейрон) іннервує не весь м'яз, а лише невелику частину складових його волокон. Мотонейрон і група, яка іннервує м'язові волокна, утворюють рухову одиницю.

Пропріоцепція

Для успішної реалізації рухів необхідно в будь–який момент часу мати інформацію про положення ланок тіла у просторі і про те, як протікає рух. У той же час рух є потужним способом одержання інформації про навколишній світ.

Особливе значення для керування рухами мають сигнали двох типів м'язових рецепторів – м'язових веретен і сухожильних рецепторів Гольджи. У кожному м'язі людини можна зустріти групи більш тонких і коротких, ніж інші, м'язових волокон, укладених у сполучно–тканинну капсулу довжиною в кілька міліметрів і товщиною в кілька десятків мікронів. Через свою форму ці

утворення одержали назву «м'язові веретена», а ув'язнені в капсулу м'язові волокна називаються «інтрафузальними» (внутрішньоверетенними).

Центральні апарати управління рухами

У керуванні рухами беруть участь практично всі відділи центральної нервової системи – від спинного мозку до кори великих півкуль. Нервові механізми стовбура мозку істотно збагачують руховий репертуар, забезпечуючи правильну поставу тіла у просторі за рахунок шийних і лабіринтових рефлексів та нормального розподілу м'язового тону. Важлива роль у координації рухів належить мозочку.

У людини рухові функції досягли найвищої складності, у зв'язку з переходом до прямостояння і прямоходіння. Це ускладнило завдання підтримання рівноваги. У керуванні рухами людини включені вищі форми діяльності мозку, пов'язані зі свідомістю, що дало підставу називати відповідні рухи «довільними».

Координація рухів

Координацію можна визначити як здатність реалізувати рух відповідно до його задуму. Навіть для найпростішого руху – руху в суглобі з одним ступенем волі – необхідна узгоджена робота як мінімум двох м'язів: агоніста й антагоніста.

На кінцевий результат руху впливають не тільки сили, що розвиваються м'язами, але й сили нем'язового походження. До них відносяться сили інерції, що створюються масами ланок тіла, які утягуються в рух, а також сили реакції, що виникають у кінематичних ланцюгах при зсуві кожної з ланок. Сили нем'язового походження втручаються у процес руху й роблять необхідним безперервне узгодження з ними діяльності м'язового апарата. Крім того, необхідно нейтралізувати дію непередбачених перешкод, які можуть виникати в зовнішній середовищі, й оперативно виправляти допущені в ході реалізації рухів помилки.

Типи рухів

Рухи людини є дуже різноманітними, однак їх всі можна звести до невеликої кількості основних типів активності: забезпечення пози й рівноваги, локомоція й довільні рухи.

Підтримання пози в людини забезпечується тими ж фізичними м'язами, що і для руху, а спеціалізовані тонічні м'язи відсутні. Відмінність полягає в тому, що при «позній» діяльності м'язів сила їх скорочення звичайно є невеликою, режим є близьким до ізометричного, а тривалість скорочення – великою. В «позній» або постуральний режим роботи м'язів утягуються переважно низькопорогові, повільні та стійкі до стомлення рухові одиниці.

2. Параметри, які використовуються в механіці живого тіла

Вивчення механіки живого тіла людини починається з визначення центру його ваги.

Загальний центр ваги тіла під час вільного стояння у чоловіків зазвичай знаходиться на 1,5 см позаду від передньонижнього краю тіла V поперекового

хребця, а у жінок – на 0,5 см попереду від передньонижнього краю тіла І крижового хребця і на 3 см нижче, ніж у чоловіків.

Положення центру ваги залежить від фізичних особливостей людини – її постави, статури, статевих і вікових відмінностей (розвитку мускулатури, масивності кістяка, жировідкладення та ін.). У дітей центр ваги розташований вище, ніж у дорослих; у важкоатлетів – нижче, ніж у гімнастів, і т.д. Тіло є тим стійкішим, чим нижче розташований центр його ваги. Чим довше ноги, тим вище центр ваги і менш стійким є тіло, тому відношення їх довжини до тулуба має певне значення при рухах, пов'язаних з відкиданням (хитанням) тулуба назад.

Перпендикуляр, опущений з центру ваги, так звана вертикаль тяжкості, проектується на *площу опори*, якою є підошвова поверхня обох стоп і розташований між ними простір.

Площа опори збільшується при роздвіганні стоп. Рівновага людського тіла, підкоряючись законам фізики, є тим стійкішою, чим більшою є ця площа і чим ближче до центру в її межах проектується вертикаль тяжкості. Рівновага порушується відразу ж, як тільки ця вертикаль виноситься за межі площі опори.

Тіло людини не є монолітним цілим: воно складається з окремих рухливо з'єднаних ланок. Збереження ним рівноваги пов'язане з особливостями будови, які забезпечують взаємне зміцнення цих ланок. Для утримання тіла у вертикальному положенні головне значення мають скелет і м'язи, які протидіють силі тяжіння.

Положення людського тіла може бути *статичним* або *динамічним*. До першого належать, наприклад, положення стоячи і сидячи, до другого – ходьба, біг, стрибки тощо. В обох положеннях тілу властива певна поза або постава.

Поза. Кожній людині є властивою специфічна для неї поза, тобто положення тіла під час стояння, сидіння, ходьби і роботи. Поза виражає врівноваженість тіла в навколишньому середовищі і зазвичай підтримується статичною роботою м'язів. Анатомічну основу пози складають форма хребта і грудної клітки, а також ступінь розвиненості різних м'язових груп тулуба. Поза в меншій мірі зумовлена і функціональними чинниками – тонусом мускулатури і станом нервової системи. Усе разом узятє і визначає положення голови, плечового пояса, рук, тулуба, таза і ніг.

Постава (осанка) – це звична поза (вертикальна поза, вертикальне положення тіла людини) у спокої і при русі.

«Звичне положення тіла» – це те положення тіла, яке регулюється несвідомо, на рівні безумовних рефлексів, так званим руховим стереотипом. Людина має тільки одну, властиву тільки їй звичну поставу. Постава зазвичай асоціюється з виправкою, звичною позою, манерою тримати себе.

Біомеханіка розглядає поставу як комбінацію положень всіх суглобів і сегментів тіла в даний конкретний момент часу. Осанка – це застиглий рух. З точки зору біомеханіки, осанка визначається скелетною рівновагою і характеризується розподілом центрів ваги окремих сегментів тіла. Постава – комбінація положень всіх суглобів тіла в даний конкретний момент часу. Вона є поєднанням позицій всіх суглобів тіла в деякий певний момент.

Осанка так само характеризує індивідуальність дорослої людини, як, наприклад тембр голосу або почерк. Зупинімося на двох крайніх типах осанок: правильній і поганій.

При правильній, або стрункій, осанці фізіологічні вигини хребта мають рівномірно–хвилеподібний вигляд. Голова тримається прямо або злегка відкинута назад, тулуб розташований вертикально. Груді трохи виступають над животом. Плечі розгорнуті і знаходяться на рівній висоті, плечовий пояс помірно опущений, руки вільно звисають уздовж тулуба. Ноги випрямлені в колінах, п'яти зближені, а носки розгорнуті.

При поганій осанці голова висунута, шийні м'язи перенапружені; поперековий лордоз і грудний кіфоз сильніше підкреслені (кругла спина); живіт виступає, а груди западають; плечі подані вперед; ноги розігнуті в колінних суглобах.

3. Біомеханічні особливості кісткової системи

Рухова діяльність людини вимагає злагодженої роботи організму в цілому, але головна роль при цьому належить руховому апарату. З механічної точки зору, руховий апарат людини являє собою механізм, що складається зі складної системи важелів, що приводяться в дію м'язами. Однак при вивченні рухів людини і причин, що їх викликають, було б неправильно обмежуватися тільки положеннями механіки. Для того щоб зрозуміти принцип дії рухового апарату, необхідно спиратися на біологічну природу "механізмів" людського тіла. Аналіз діяльності рухового апарату, з біологічної точки зору, дозволяє розкрити своєрідність будови і принцип дії "живих механізмів". Таким чином, вивчаючи рухи людини, необхідно добре знати, як влаштований її опорно–руховий апарат з точки зору біомеханіки. Це означає, що слід чітко уявляти собі принципи будови його пасивної (кістки та їх з'єднання) і активної (м'язова система) частин. На відміну від анатомії, яка вивчає всі деталі будови тіла, для біомеханіки важливо виявити саме ті особливості будови, від яких залежать властивості органів опори і руху, а також їх участь у виконанні рухової функції.

У біомеханічному дослідженні неможливо врахувати будову і функції тіла в усіх їх особливостях. Для вивчення рухів будують модель тіла – біомеханічну систему. Вона володіє основними властивостями, істотними для виконання рухової функції, і не включає в себе безліч окремих деталей. Таким чином, біомеханічна система – це спрощена копія, модель тіла людини, на якій можна вивчати закономірності рухів.

Рухову частину людини складають кісткова і м'язова системи.

Основною властивістю, якою володіє кісткова система, є пружність.

Пружність – здатність протидіяти навантаженням.

Навантаженнями називаються сили, що прикладені до тіла і в сукупності викликають його деформацію. Розрізняють навантаження, що викликають розтягування, стиснення, вигин і кручення.

Навантаження, що зумовлюють розтяг, виникають, наприклад, при висах або під час утримання вантажу в опущених руках.

Навантаження, що створюють стиск кісток, зустрічаються найчастіше при вертикальному положенні тіла на опорі. У цьому випадку на скелет діють, з одного боку, сили тяжіння тіла і вага зовнішніх обтяжень, а з іншого – тиск опори.

Навантаження, що викликають вигин, зазвичай зустрічаються, коли кістки виконують роль важелів. У цих випадках додані до них сили м'язів і сили опору спрямовані поперек кісток і викликають вигин.

Навантаження, що зумовлюють кручення, найчастіше зустрічаються при обертальних рухах ланки навколо поздовжньої осі.

З'єднання ланок. З'єднання кісткових ланок зумовлюють різноманіття можливостей рухів. Від способу з'єднання та участі м'язів у рухах залежить їх напрямок і розмах (просторова форма рухів).

Ступені свободи руху. Суглоби, пов'язуючи в єдине ціле частини тіла, зберігають можливості для їх рухання. Якщо частина тіла може рухатися тільки по одній траєкторії, причому можливості рухів по всіх інших траєкторіях обмежуються зв'язками, в механіці говорять про *один ступінь свободи* або про *ступінь рухливості*.

Абсолютно вільне тіло має шість ступенів свободи. Воно може обертатися навколо трьох основних взаємно перпендикулярних осей, а також рухатися уздовж кожної з цих осей.

Якщо закріпити тіло в одній точці, то у нього залишиться тільки три ступені свободи: воно може обертатися навколо цієї точки у трьох основних напрямках (площинах). При закріпленні тіла ще в одній точці воно ніби насаджується на вісь, яка з'єднує обидві дані точки. У цьому випадку зберігається лише один ступінь свободи: тіло може обертатися лише навколо осі, що проходить через обидві закріплені точки.

Якщо ж закріпити тіло і в третій точці, що не лежить на одній прямій з іншими двома точками, то воно втратить останній ступінь свободи – буде закріплене нерухомо.

Можливості рухів окремих точок тіла при його закріпленні є дещо іншими. При одній закріпленій точці будь-яка точка цього тіла має тільки два ступені свободи, тобто вона може рухатися тільки у двох напрямках по кульовій поверхні. При двох закріплених точках тіла у будь-якої його точки буде лише один ступінь свободи, тобто можлива одна траєкторія руху. Само собою зрозуміло, що у тіла, закріпленого у трьох точках, немає ні одного ступеня свободи. У абсолютно вільного тіла будь-яка точка має всього три ступені свободи, тобто може рухатися в будь-якому з трьох напрямків тривимірного простору.

Поняття про ступені свободи допоможе розібратися в питанні про рухливості частин тіла. Декілька рухливо з'єднаних ланок створюють кінематичні пари та ланцюги.

Біокінематична пара – це рухоме (кінематичне) з'єднання двох кісткових ланок, в якому можливості рухів визначаються будовою з'єднання і керуючим впливом м'язів.

Кінематична ланцюг – це послідовне або розгалужене з'єднання ряду кінематичних пар. Кінематичний ланцюг, в якому кінцева ланка є вільною,

називають незамкненим, а ланцюг, у якого немає вільної кінцевої ланки, – замкненим.

У кожному з'єднанні незамкненого ланцюга можливі ізольовані руху. Вони геометрично є незалежними від рухів в інших з'єднаннях (якщо не враховувати взаємодії м'язів). Наприклад, вільні кінцівки, коли їх кінцеві ланки є вільними, являють собою незамкнуті ланцюга. Замкнутими кінематичними ланцюгами в тілі людини є, наприклад, грудина, ребро, хребет, ребро і знову грудина.

Такі замкнуті ланцюги розімкнути неможливо. Незамкнуті можуть замикатися, причому часто через опору. У складній піраміді, яку склали складеної кількоа акробатів, утворюються навіть свого роду "мережі" (у площині) і "грати" (у просторі) з дуже складною взаємною залежністю рухів ланок.

Таким чином, рухи в незамкнутих ланцюгах характеризуються відносною незалежністю ланок. У замкнутих ланцюгах рух одних ланок впливає на рухи навіть віддалених ланок (допомагає або заважає їм).

У замкнених колах можливостей для рухів менше, але управління ними є більш точним, ніж у незамкнених.

Кістки, з'єднані рухомо, утворюють основу біокінематичних ланцюгів. Додані до них сили (м'язові тяги та ін.) діють на ланки біокінематичних ланцюгів як на важелі. Це дозволяє передавати дію сили по ланцюгах, а також змінювати ефект докладання зусиль. Таким чином, важіль як найпростіший механізм служить для передачі руху і сили на відстань.

Розрізняють важелі першого роду (двуплечий) і другого роду (одноплечий). Перший характеризується тим, що дві групи сил докладено по обидві сторони від осі (точки опори) важеля, а удругому випадку – по один бік.

Незалежно від виду важеля в кожному з них виділяють:

- 1) точку опори;
- 2) точку прикладання сил;
- 3) плечі важеля (відстань від точки опори до місця прикладання сил);
- 4) плечі сил (довжина перпендикуляра, опущеного з точки опори на лінію дії сили).

Мірою дії сили на важіль служить її момент відносно точки опори. Тому для рівноваги або рівномірного обертального руху ланки як важеля необхідно, щоб протилежно спрямовані моменти сил відносно осі важеля були рівними. Задля прискорення (гальмування) ланки один момент сили має бути більшим за другий.

За допомогою важеля можна виграти в силі. Для цього потрібно діяти м'язовою силою на більш довге плече. Згідно із "золотим правилом механіки", виграючи в силі, одночасно програємо в дорозі і швидкості. І навпаки, якщо діяти м'язовою силою на коротке плече, то можна виграти в дорозі і швидкості за рахунок програшу в силі.

У більшості випадків м'язи прикріплені близько від суглоба і підходять до кістки під гострим кутом. Тому плече сили тяги м'яза, як правило, є невеликим. Зазвичай плече сили тяги м'язів є меншим за плече сили опору, і, отже, при роботі м'язів виходить програш у силі і виграш у дорозі та швидкості

руху. Для деякого збільшення плеча сили тяги м'язів велике значення мають кісткові виступи, горби, сесамоподібні кісточки, до яких м'язи прикріплені або через які вони переходять. Виступи, горби, сесамоподібні кісточки збільшують кут підходу м'яза до кістки як до важеля, тим самим збільшують плече сили тяги м'яза і момент обертання м'язової сили.

Можна вказати ще й на третю причину деяких втрат у силі м'язів. За великих навантажень напружуються всі м'язи, що оточують суглоб. М'язи-антагоністи, створюючи моменти сил, спрямованих протилежно, корисної роботи не виробляють, а енергію витрачають. Але в кінцевому рахунку в цьому є певний сенс: хоча й виникають втрати енергії, суглоб під час великих навантажень отримує зміцнення напругою м'язів, які його оточують.

4. Біомеханічні особливості м'язової системи

Основна функція м'язів полягає в перетворенні хімічної енергії в механічну роботу або силу.

М'яз як фізичне тіло має набір механічних властивостей (пружність, в'язкість, повзучість, релаксація), а як живий орган також і біологічні властивості (збудливість, скоротність), що відіграють важливу роль при виконанні рухів.

Пружність м'язів проявляється в напрузі, коли м'яз розтягується під дією навантаження.

У міру збільшення навантаження м'яз подовжується і при цьому зростає його напруга. Звідси випливає:

1) навантаження розтягує м'яз, подовжуючи його, тобто для розтягування м'яза необхідно прикласти силу;

2) у міру подовження м'яза його напруга збільшується, отже, щоб викликати напругу м'яза (без додаткового збудження), необхідно його розтягти;

3) прикладене навантаження визначає величину напруги м'яза; таким чином, щоб отримати велику напругу, треба докласти більше навантаження (опір тязі м'яза) – дія дорівнює протидії;

4) пружність м'яза є нелінійною;

5) за відсутності навантаження довжина м'яза є найменшою ("вільна довжина" м'яза) – нерозтягнутий м'яз не напружений;

6) в умовах організму довжина м'яза більше "вільної довжини" і м'яз дещо напружений, тобто завжди має "тонус" спокою.

Такими є особливості пружних властивостей у збуджених м'язах.

В'язкість м'язів проявляється в запізнюванні деформації м'язів за зміни навантаження.

За меншої в'язкості м'язів зміна їх довжини відстає від зміни напруги як при розтягуванні м'язів, так і при їх скороченні. У цьому випадку м'яз, хоча і не відразу, але все ж повертається до вихідного стану. За більшої в'язкості уповільнення збільшується і м'яз довше не повертається до вихідного стану – виявляється залишкова деформація. При цьому є неминучою втрата енергії. Вважають, що в'язкість м'язів збільшується за швидких рухів і за значного

збудження, тобто якраз в умовах виконання важкої фізичної роботи. Однак розігрівання м'язів при розминці знижує в'язкість, зменшує гальмування при скороченні і розтягуванні м'язів. Отже, під час роботи важливо для зниження в'язкості зберігати в розігрітих м'язах тепло.

Повзучість м'язів проявляється в подовженні м'язів із часом, незважаючи на те, що напруга не змінюється.

Ця властивість характеризує мінливість співвідношення "довжина – напруга" м'язів, не залежну безпосередньо від їх руху, тобто від управління м'язами як живими органами. Так, наприклад, навантажені (напружені) м'язи, маючи відповідну довжину, через деякий час за тих самих навантажень і напруги можуть почати збільшуватися. Залишкова деформація, згадана вище, теж може розглядатись як прояв повзучості.

Релаксація м'язів проявляється у зменшенні їх напруги, незважаючи на те, що довжина їх не змінюється.

Релаксація полягає в тому, що розтягнуті м'язи, зберігаючи довжину, поступово з плином часу зменшують своє напруження, розслабляються. Прояви повзучості і релаксації м'язів розглядаються поза прямої залежності від їх руху. Для живого організму такий підхід є чисто умовним. Сенс його полягає в тому, що навіть з позицій механіки не слід розглядати зв'язок напруги і довжини м'язів як постійне співвідношення.

Сукупність механічних властивостей (пружнов'язких, повзучості і релаксації) у всіляких поєднаннях в різних умовах, по суті, і є те, що називається еластичністю м'яза.

Високоеластичним м'язам властиві значна розтяжність, велика жорсткість при великому розтягуванні (нелінійна пружність) і малі втрати енергії (невелика в'язкість) при деформаціях. І хоча механізм, що забезпечує названі властивості, ще не повністю пояснений, їх прояви дуже важливо враховувати при вивченні способів підвищення ефективності дії м'язів у рухах.

До біологічних властивостей м'язів відносять їх збудливість і здатність скорочуватись.

Збудливість м'язів – їх властивість переходити в стан збудження, який проявляється у зміні їх напруги, пружності, в'язкості тощо.

Скорочення м'язів – їх властивість при русі скорочуватися, тобто за того ж навантаження і напруги змінювати довжину, зменшуватися.

За однакової напруги м'язів і однакового навантаження їх довжина стає менше – м'язи скорочуються. Якщо зменшити збудження або ж збільшити навантаження, м'яз розтягується. Отже, зміни довжини м'язів – їх скорочення і розтягування (подовження) – визначаються ступенем їх порушення та величиною навантаження. Все це говорить про те, що прояв активності (режим роботи) м'язів визначається зміною їх довжини, або напруги, або того й іншого одночасно.

Розрізняють такі режими роботи м'язів:

- ізотонічний (напруга є однаковою – змінюється довжина м'яза);
- ізометричний (довжина м'язів є постійною – напруга змінюється);
- ауксотонічний (і довжина, і напруга змінюються).

У чистому вигляді в рухах людини *ізотонічний режим* роботи м'язів не спостерігається, оскільки завжди є опір, що змінює напругу. *Ізометричний режим* характерний не для рухів, а для статичних положень. А в реальних рухах звичайно спостерігається *ауксотонічний режим*, коли скорочення і розтягування м'язів поєднуються зі збільшенням і зменшенням їх напруги.

Механічна дія м'язів проявляється як потяг, що є прикладеним до місця їх прикріплення. Величина сили тяги м'язів та їх прояв у рухах людини зумовлені рядом причин і залежать від сукупності механічних, анатомічних і фізіологічних умов.

Основною *механічною умовою*, що визначає тягу м'язів, служить навантаження. Без навантаження для м'язів не може бути їх напруги, не може бути їх сили тяги. Навантаження може бути представлене вагою обтяження, а також силою інерції та іншими силами.

З *анатомічних умов* прояву тяги м'язів треба назвати будову м'язів та їх розташування (в даний момент руху). Фізіологічний поперечник м'язів визначає сумарну тягу всіх волокон з урахуванням їх взаємного розташування. Від розташування волокон залежить і величина їх пружної деформації при розтягуванні всього м'яза, а значить, і величина пружних сил, що виникають.

Розташування м'язів відносно осі суглоба і ланки в даний момент руху впливає, по-перше, на величину плеча сили, а отже, і на величину моменту сили тяги.

Фізіологічні умови, що визначають величину тяги м'язів, в основному зводяться до умов збудження м'язів та їх зміни, зокрема при втомі. Як відомо, від кількості порушених міонів в основному залежить сила тяги м'язів. Максимальне збудження найбільшої кількості міонів забезпечує найбільшу силу тяги м'язів. У зв'язку із втомою істотно змінюється працездатність м'язів. Це слід враховувати при біомеханічному дослідженні виконання окремих операцій.

Щоб визначити результат тяги м'язів, недостатньо встановити величину і напрямок цієї тяги. За різних умов закріплення ланок одна і та сама тяга приводить до неоднакового результату – різних рухів ланок у суглобі. Тому слід пам'ятати, що результат програми тяги м'язів у кінематичному ланцюзі залежить від: а) закріплення ланок; б) співвідношення сил, що викликають рух, і сил опору; в) початкових умов обертання. При цьому в кожному конкретному випадку лише сукупність всіх факторів визначає результат роботи м'язів у цілому.

Різновиди роботи м'язів визначаються поєднанням змін їх сили тяги і довжини. Загальновідомі види роботи м'язів (долання, поступовий рух і утримання) визначаються тільки напрямком зміни довжини м'яза: скороченням, подовженням та збереженням довжини. Для цих трьох видів роботи (перші два – динамічна робота, останній – статична) існує можливість щонайменше трьох варіантів зміни сили тяги м'язів у порівнянні з ізометричним режимом: наростання, зменшення, збереження без змін. Хоча робота м'язів і виявляється тільки через їх розтягування, різновиди роботи є різними і результати тяги, залежно від конкретних умов, дуже різноманітними. У результаті схематично можна виділити деякі типові різновиди роботи м'язів.

При збереженні положення тіла частіше зустрічається постійна фіксація. У рухах найбільш звичайними є розгін і гальмування. Для точних рухів характерне пригальмовування. Силова робота виконується з напругою в рухах "до відмови" і посиленням фіксації. При виконанні однієї й тієї самої дії можуть мати місце зміни (іноді неодноразові) різновидів роботи в одних і тих же м'язах.

М'язи, що впливають на рухи біокінематичних ланцюгів, як правило, функціонують не ізольовано, а групами. Взаємодія здійснюється між м'язами всередині груп, а також між групами м'язів. В результаті робочі тяги м'язів (динамічна робота) зумовлюють виконання рухів, а опорні тяги м'язів (статична робота) створюють необхідні для цього умови.

Як відомо, через кожен суглоб проходить не один м'яз, а декілька. Рух у суглобі є результатом групової взаємодії м'язів, що проходять через нього. Прийнято розрізняти два види взаємодії м'язів – *синергізм* та *антагонізм*. М'язи, які виконують спільну роботу, беручи участь в одному і тому ж русі, тобто м'язи, розташовані по один бік даної осі суглоба, називаються *синергістами*. М'язи, що беруть участь у різних рухах, протилежних один одному, називаються *антагоністами*. Необхідно мати на увазі наступні дві обставини: по–перше, будь–якого справжнього антагонізму в роботі м'язів немає, оскільки не тільки м'язи синергічної, а і протилежної (антагоністичної) дії працюють злагоджено, спільно забезпечуючи виконання даного руху. Особливо велика роль зміни антагоністів у регулюванні руху. За допомогою точного дозування напруження антагоністів регулюється швидкість руху і розвивається при цьому результуюча сила, здійснюється гальмування руху перед його закінченням, досягається плавний перехід руху з однієї фази в іншу. В основі точного регулювання протидії антагоністичних м'язів лежить автоматично діючий вроджений рефлекс на розтягування: чим більшим є розмах руху, тим більше розтягуються м'язи-антагоністи, тим сильніше подразнюються їх пропріорецептори і тим більше зростає в них рефлексорне напруження. Цей спинальний рефлекс тонко регулюється вищими відділами центральної нервової системи і доповнюється спеціальними впливами центрів на м'язи-антагоністи відповідно до характеру рухового завдання й умов його виконання.

По–друге, необхідно пам'ятати, що синергетичні й антагоністичні відносини між м'язами не є постійними. Функціональна анатомія дає численні приклади того, що багато м'язів змінюють свою функцію зі зміною вихідного положення і при русі по перехідних осях багатовісних суглобів. М'язи, які є для даного руху синергістами, для іншого руху можуть ставати антагоністами. Зміна характеру взаємодії між м'язами є важливим фактором використання суглоба з багатьма ступенями свободи, що працює в напрямку тієї чи іншої свободи.

Перебудова використання м'язів досягається завдяки координуючій роботі нервових центрів. Розподіл зусиль у групі м'язів даного суглоба за ходом руху змінюється. Слід додати, що є практично неможливим абсолютно точне дозування величини тяги кожного м'яза, швидкості наростання тяги, часу "включення" і "виключення" м'язи. Тому завжди в тій чи іншій мірі виникають

неузгодженості у тягах м'язів, що є однією з головних внутрішніх перешкод в управлінні рухами. Навчитися долати неузгодженості у тягах м'язів дуже непросто. Це є однією з головних задач при оволодінні рухами, шлях до найбільшої економічності і точності рухів.

Контрольні питання

- Яким чином людина управляє своїми рухами?
- Які параметри використовуються в механіці живого тіла?
- Яким чином центр маси СЧМ впливає на точність рухів?
- Вкажіть біомеханічні особливості кісткової та м'язової систем.
- Яким чином здійснюється координація у роботі різних м'язів?

Лекція 3. НЕБЕЗПЕЧНІ І ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ

План лекції

1. Поняття про умови діяльності
2. Небезпечні і шкідливі фактори: їх класифікація
3. Вплив деяких шкідливих та небезпечних чинників на діяльність людини
4. Небезпеки та ризики

1. Поняття про умови діяльності

Трудова діяльність людини здійснюється в постійній взаємодії з навколишнім середовищем. Сукупністю факторів природного та технічного середовища, тобто фізичними і хімічними факторами, визначаються конкретні умови діяльності. Само собою зрозуміло, що людина у трудовій діяльності взаємодіє і з соціальним середовищем. Однак конкретні умови діяльності можуть істотно впливати на психічні та життєво важливі функції організму людини.

Комфортні або сприятливі умови діяльності – це такий вплив факторів (з урахуванням їх взаємодії) в конкретних умовах діяльності, при яких забезпечується нормальне здійснення психічних та життєво важливих функцій організму, не виникає високого напруження компенсаторних систем організму й успішно виконується задана трудова діяльність.

Дискомфортні або несприятливі умови діяльності – якщо в силу дії факторів виникає високе напруження компенсаторних систем організму.

Екстремальні – якщо виражений несприятливий вплив факторів.

Максимальна екстремальність умов характеризується гранично допустимими значеннями одного або декількох факторів середовища, при яких обмежений час психічні та життєво важливі функції організму зберігаються на рівні, що забезпечує мінімум діяльності.

У цьому випадку однією з головних, а інколи й єдиною метою діяльності стає підтримання життя, його порятунк.

При проектуванні робочих місць складних систем, призначених, як правило, для роботи в особливих умовах, гранично допустимі величини факторів є основою для розрахунку засобів та методів захисту та порятунку в аварійних ситуаціях. Плановане перебування людини в екстремальних умовах для виконання необхідної (через особливості технологічного процесу, виникнення несправностей і т. п.) діяльності реалізується у проектуванні також на основі гранично допустимих величин факторів. При цьому тривалість перебування визначається особливостями шкідливого впливу факторів на стан і здоров'я людини, можливостями використання засобів захисту, їх ефективністю, труднощами роботи і т. д.

Однак людина може бути пов'язана з необхідністю виконання діяльності в екстремальних умовах не тільки епізодично (аварії, несправності, особливості технологічного процесу), а й постійно, в силу специфіки професії (наприклад, професії водолаза, космонавта, де ця специфіка представлена найяскравіше).

Фактори екстремальних умов, окрім прямого несприятливого впливу на організм людини, можуть викликати підвищене психічне напруження, пов'язане з почуттям страху, переживанням небезпеки і т. п.

Практика і результати наукових досліджень переконливо доводять, що успішність діяльності людини в екстремальних умовах визначається багатьма суб'єктивними факторами. Це і почуття обов'язку, і воля, й емоційна стійкість, і стан здоров'я тощо. Найважливішим суб'єктивним фактором є *рівень професійної підготовки*. Високий рівень знань, умінь і навичок – необхідна умова не тільки якісного виконання роботи, а й збереження емоційної стійкості, запобігання паніці та розвитку генералізованих захисних реакцій.

2. Небезпечні і шкідливі фактори: їх класифікація

2.1. Основні визначення

На людину в процесі її трудової діяльності можуть впливати *небезпечні* (викликають травми) і *шкідливі* (викликають захворювання) *виробничі фактори*.

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працівника, в певних умовах, призводить до захворювання або зниження працездатності.

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працівника, в певних умовах, призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

Шкідливий виробничий фактор, залежно від інтенсивності і тривалості впливу, може стати небезпечним.

2.2. Класифікація *небезпечних і шкідливих виробничих факторів*

(ГОСТ 12.0.003–74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация)

2.2.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори підрозділяються за природою впливу на наступні **групи**:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

2.2.2. **Фізичні** небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на наступні:

- рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються; конструкції, що можуть зазнати руйнування; гірські породи, що можуть завалитися;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвукових коливань;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні та його різка зміна;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися крізь тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена напруженість магнітного поля;
- відсутність або недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- прямий та відбитий блиск;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- гострі кромки, задири і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги);
- невагомість.

2.2.3. Хімічно небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються:

– за характером впливу на організм людини на:

- токсичні;
 - подразнювальні;
 - сенсibiliзуючі (алергени);
 - фіброгенні (*Фібриноген – безбарвний білок, розчинений у плазмі крові. Фібриноген виробляється в печінці і перетворюється на нерозчинний фібрин – основу згустку при згортанні крові. Фібрин згодом утворює тромб, завершуючи процес згортання крові. Надмірна кількість фібрину в крові призводить до тромбозу, а брак фібрину - до крововиливів*);
 - мутагенні;
 - такі, що негативно впливають на репродуктивну функцію;
- за шляхом проникнення в організм людини через:
- органи дихання;
 - шлунково–кишковий тракт;
 - шкірні покриви і слизові оболонки.

2.2.4. **Біологічно** небезпечні та шкідливі виробничі фактори включають такі біологічні об'єкти:

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) і продукти їх життєдіяльності;
- мікроорганізми (рослини і тварини).

2.2.5. **Психофізіологічно** небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером впливу підрозділяються на наступні:

- а) фізичні перевантаження;
- б) нервово–психічні перевантаження.

2.2.5.1. **Фізичні перевантаження** підрозділяються на:

- статичні;
- динамічні.

2.2.5.2. **Нервово–психічні перевантаження** підрозділяються на:

- розумове перенапруження;
- перенапруження аналізаторів;
- монотонність праці;
- емоційні перевантаження.

3. Вплив деяких шкідливих та небезпечних чинників на діяльність людини

3.1. Вплив температурного фактора навколишнього середовища та його ергономічна характеристика

Вплив температурного фактора навколишнього середовища на людину зумовлений наявністю функціональних систем терморегуляції і виробництвом теплової енергії в організмі, постійним тепловим обміном організму з навколишнім середовищем, цілеспрямованим застосуванням людиною у своєму повсякденному житті і діяльності засобів регуляції теплообміну.

Температура внутрішнього середовища людини підтримується на рівні близько 37 °С. Добові коливання температури зазвичай не перевищують 0,5 °С.

Відхилення температури тіла людини за межі нижче 25 °С і вище 43 °С є несумісним з життям. За температури вище 43 °С починається денатурація білка. За температури нижче 25 °С інтенсивність обмінних процесів, насамперед у нервових клітинах, знижується до незворотного рівня. Збереження і подальше відновлення життєво важливих функцій за більш низьких температур тіла можливе лише за допомогою застосування спеціальних заходів (гіпотермія як метод у хірургічній практиці).

До функціональної системи терморегуляції організму людини входять терморцептори шкіри, верхніх дихальних шляхів, травного тракту, пов'язані з нервовими центрами проміжного (сірий бугор в області гіпоталамуса), заднього мозку (довгастий мозок) і підкіркових вузлів (смугасте тіло). Ці нервові центри,

у свою чергу пов'язані з центрами регуляції серцево-судинної, дихальної та видільної систем організму.

Реакції організму, що забезпечують регуляцію теплового обміну із зовнішнім середовищем, полягають у зміні дихальної функції, частоти серцевих скорочень, тонусу і наповнення кровоносних судин, особливо капілярної системи шкіри, інтенсивності видалення рідини з організму (головним чином через шкірні покриви) тощо.

Взаємодія організму людини з навколишнім середовищем здійснюється постійно як процес теплового обміну. В результаті метаболізму в організмі продукується тепло. Ця тепла енергія використовується для підтримання необхідного рівня інтенсивності процесів метаболізму при всіх проявах життєвої активності. Залежно від конкретних умов організм людини може віддавати частину теплової енергії в зовнішнє середовище і (або) отримувати теплову енергію ззовні.

Тепловий обмін організму із зовнішнім середовищем може здійснюватися шляхом *випромінювання*, *конвекції* (втрата або отримання тепла тілом від повітряного або водного потоку, оточуючого тіло), *кондукції* (проведення через зіткнення поверхонь) і *випаровування*. Інтенсивність теплового обміну залежить від ряду об'єктивних і суб'єктивних причин:

- метеоумов і мікроклімату, під яким розуміється сукупність таких факторів як температура випромінювання і температура повітряного середовища, вологість, швидкість руху і тиску повітря в робочому приміщенні;
- теплопродукції організму, що залежить від важкості виконуваної роботи, а за інших рівних умов – від функціонального стану;
- особливостей передачі тепла від внутрішніх органів до поверхні тіла, які визначаються величиною тіла людини та станом тканин різних органів;
- теплоізоляції тіла.

Функціонування системи терморегуляції організму спрямоване на досягнення в тепловому обміні стану теплового балансу із зовнішнім середовищем. При цьому забезпечуються сталість температурного режиму внутрішнього середовища і необхідна для певного рівня інтенсивності обмінних процесів кількість тепла.

Теплова енергія в організмі виробляється в основному (на 95%) за рахунок протікання складних біохімічних реакцій, в яких вихідною сировиною є речовини, що містяться в їжі.

В комфортних умовах за відсутності фізичного навантаження для нормального здійснення життєво важливих функцій в організмі людини повинно вироблятися 1700–1800 ккал тепла на добу або приблизно 73 ккал/год. Це так звані основні енерговитрати організму дорослої людини середніх років. Їх рівень не може бути нижче без порушення нормальної життєдіяльності організму. В силу безперервності метаболічних процесів в організмі вироблене тепло має бути виділене назовні. Тому для характеристики теплообміну слід співвіднести величину основних енерговитрат з поверхнею тіла. Тоді можна отримати енергетичну характеристику основного обміну речовин, або величину основного обміну. Наприклад, при поверхні тіла, що дорівнює $1,8 \text{ м}^2$, основний обмін чоловіка середнього віку буде становити $40,5 \text{ ккал/ год} \cdot \text{м}^2$. Така величина

основного обміну може бути забезпечена їжею з добовою калорійністю 1800 ккал; при цьому слід враховувати, що для нормального обміну речовин в організмі загальна енергетична характеристика основного обміну речовин повинна забезпечуватися приблизно на 11% за рахунок білків, на 17% – за рахунок вуглеводів і на 72% – за рахунок жирів.

При виконанні роботи в організмі має продукуватися більша кількість тепла. Робота, при якій енерговитрати організму складають не більше 2500 ккал, оцінюється як легка. Робота з енерговитратами організму близько 5000 ккал на добу є дуже важкою. Для нормальної теплопродукції організм людини повинен бути забезпечений їжею, калорійність якої в добовому раціоні приблизно на 20% перебиває енерговитрати організму. Нестача їжі як енергоносія призводить до виснаження організму, швидкої стомлюваності, зниження працездатності й якості роботи, зниження стійкості організму до впливу несприятливих умов середовища, в тому числі й температурних. У процесі виконання роботи в умовах нестачі їжі нерідко має місце короткочасна втрата свідомості («голодна непритомність»). Важкі випадки дистрофії можуть призвести до незворотних змін в обмінних процесах, у стані окремих органів і тканин організму.

За недостатнього енергетичного (харчового) забезпечення вся регуляторна система організму прагне підтримати температурну сталість внутрішнього середовища і перебіг обмінних процесів за рахунок поживних речовин деяких тканин організму (насамперед м'язових). Це може протягом якогось часу забезпечувати необхідний тепловий баланс. Несприятливі температурні впливи в такому випадку створюють надзвичайно важкі умови для терморегуляції.

Енергопродукцію організму вивчають за допомогою методів калориметрії. Це *пряма калориметрія*, коли використовуються калориметричні камери, що дозволяють врахувати тепло, що виділяється назовні; *аліментарна калориметрія*, коли вимірюється теплота, що виділяється при окисленні харчових продуктів; *респіраторна калориметрія* (в модифікаціях: камерна, вільна з відкритою циркуляцією повітря, вільна із закритою циркуляцією повітря), коли вивчається обмін газів у легенях, за яким, використовуючи термічні коефіцієнти, можна отримати характеристику енерговитрат.

При проектуванні робочих місць (особливо закритого типу) тепловий режим можна розраховувати, виходячи з *ефективної температури*. Поняття *ефективної температури* ґрунтується на суб'єктивній оцінці конкретних теплових умов за різних поєднань величин температури, відносної вологості і швидкості руху повітря. За відсутності руху повітря та його відносної вологості 100% ефективна температура відповідає температурі повітря. Емпірична суб'єктивна шкала оцінок може мати ряд градацій в діапазоні «комфорт – важко переносимо».

Комфорт температурних умов оцінюється здоровою людиною залежно від умов мікроклімату (температура навколишнього середовища, інтенсивність теплової та холодової радіації, вологість, швидкість руху і тиск повітря) та інтенсивності роботи. Крім того, відчуття теплової комфортності може істотно залежати від кліматичних умов, властивостей одягу людини та її

функціонального стану в даний момент часу. Так, у спокої або при виконанні легкої роботи відчуття теплової комфортності створюється за температурі близько 21 °С, відносної вологості близько 60% і швидкості руху повітря не більше 0,2 м/с, якщо відсутні досить потужні джерела теплового і холодного випромінювання.

При виконанні важкої роботи і тих самих значеннях швидкості руху повітря відчуття теплової комфортності відповідає температурі близько 15 °С. Значення відносної вологості повітря в межах 40–60% є найбільш сприятливими у стабільних оптимальних температурних умовах. Підвищення вологості повітря посилює неприємні відчуття за високих і низьких температур повітря. Зменшення відносної вологості до 20% дещо розширює зону теплового комфорту як за підвищення, так і за зниження температури повітря. Це пояснюється тим, що за зниженої вологості підвищення температури повітря призводить до зростання тепловіддачі за рахунок більш інтенсивного випаровування поту з поверхні тіла. За знижених температур низька вологість повітря трохи зменшує тепловіддачу в силу зниження його теплопровідності.

Швидкість руху повітря відіграє важливу роль у посиленні тепловіддачі організму. Особливо зростає захисне значення цього чинника, коли температура повітря стає рівною температурі тіла або перевищує її і тепловіддача організму може здійснюватися лише випаровуванням. Рух повітря у приміщенні зі швидкістю 0,1 м/с є практично невідчутним для людини; відчутним він стає, починаючи зі швидкості 0,2 м/с. За підвищення температури повітря до 25 °С збільшення швидкості руху повітря до 1,0 м/с оцінюється як сприятливий фактор. Однак за подальшого збільшення швидкості руху повітря (навіть за підвищення температури) посилюються неприємні відчуття, пов'язані із впливом повітряного потоку на органи зору, слуху, дихання; зростають енерговитрати м'язової системи при виконанні роботи. За швидкості руху повітря близько 70 м/с його потік, якщо він спрямований на всю передню поверхню тіла людини, впливає як тиск, який м'язи дихальної системи не можуть подолати. За зниження температури збільшення швидкості руху повітря, посилюючи тепловіддачу за рахунок конвекції і в якійсь мірі за рахунок випаровування, викликає неприємні відчуття і сприяє переохолодженню організму.

Екстремальні за тепловим режимом умови призводять, якщо не вживати захисні заходи, до перегрівання або переохолодження організму. І перегрівання, і переохолодження може бути місцевим і загальним.

При місцевому впливі теплової дії великої інтенсивності виникають больові відчуття, погіршується загальне самопочуття, знижується працездатність або відбувається зрив діяльності взагалі. При тепловому ушкодженні шкірних покривів – опіку, залежно від ступеня його тяжкості, можуть виникати різні розлади в діяльності життєво важливих функціональних систем організму, аж до шоку і смерті.

Сильне тривале загальне перегрівання призводить на фоні зростаючого занепаду сил до великих ускладнень у виконанні фізичної та розумової роботи. При цьому страждають функції уваги, сповільнюється процес обмірковування ситуації і прийняття рішення, подовжується час сенсомоторних реакцій,

погіршується координація точних рухів. Виникають хворобливі симптоми задишки, перебої в роботі серця, шум у вухах, запаморочення. Без вжиття заходів захисту відбувається не тільки зрив діяльності, а й серйозні розлади здоров'я із втратою свідомості і порушенням функцій життєво важливих систем організму (так званий «тепловий удар»). Загальним видом розладу діяльності та здоров'я людини є і так званий «сонячний удар», що виникає при дії прямих сонячних променів на незахищену голову людини. Він зумовлений тим, що інфрачервоне сонячне випромінювання здатне проникати у тканину головного мозку, викликаючи ефект перегрівання.

Однак практично не менш важливо, що значні розлади в діяльності та у стані організму можуть виникати не тільки внаслідок власне перегрівання, а й через зміну обмінних процесів у зв'язку з надмірним потовиділенням. Посилене (більше 5 л на добу) потовиділення протягом декількох днів на основі кумулятивного ефекту викликає серйозні порушення водно-сольового обміну. Велика втрата солей при інтенсивному потовиділенні веде до зневоднення (дегідратації) тканин організму. Це викликає потребу у збільшенні прийому води. Але збільшення прийому води призводить до посилення вимивання солей. Виникає реакція типу «порочного кола». При цьому організм починає втрачати в усе більшій кількості не тільки хлористий натрій, а й солі калію і кальцію, що порушує регуляцію м'язів тіла (зміна тону, виникнення судом). У результаті в організмі створюється негативний водний баланс, збільшується в'язкість крові, зростає розпад білка тканин, посилюється легенева вентиляція, підвищується навантаження на серцево-судинну систему, що супроводжується збільшенням частоти серцевих скорочень до 180 ударів у хвилину, підйомом максимального артеріального тиску до 200 мм рт. ст.

Все це різко знижує м'язову силу і витривалість, можливість виконувати фізичну роботу. При виконанні робіт операторного типу є утрудненим вирішення основних завдань на всіх етапах обробки інформації (виявлення, впізнання сигналу, оцінка ситуації, прийняття рішення, виконавська дія, контроль успішності діяльності), зростає ймовірність появи помилок.

Захисні заходи із профілактики перегріву спрямовані на створення систем регулювання температури і вологості повітря у виробничих приміщеннях (кондиціонери, вентилятори, охолоджувальні захисні екрани), використання захисного одягу; створення режимів праці та відпочинку, що передбачають обмеження перебування в умовах високої температури; застосування спеціальних питного та харчового режимів, а також проведення спеціального тренування, що забезпечує посилення адаптаційних механізмів.

Місцевий вплив холоду на організм людини може бути різним залежно від того, наскільки велике охолодження і наскільки глибоко воно захоплює тканини тієї чи іншої частини тіла. За позитивної, але близької до 0 °С температури повітря і, зазвичай, при роботі малої інтенсивності виникає поверхневе переохолодження відкритих частин тіла. Воно характеризується неприємними відчуттями, зниженням тактильної чутливості, утрудненням у виконанні окремих робочих операцій. Глибоке місцеве переохолодження, що виникає при тривалому впливові холоду на незахищені або слабо захищені одягом частини тіла людини, супроводжується порушенням кровопостачання

тканин, утрудненням рухів (наприклад, пальців рук) та їх хворобливістю, появою підвищеної болючої чутливості на окремих ділянках шкіри. При цьому погіршуються загальний стан і самопочуття, виникають розлади здоров'я типу міозитів, радикулітів, невралгій, ринітів і т.п.

При місцевому впливі мінусових температур поверхневе переохолодження може призвести до обмороження тієї чи іншої ділянки шкіри. Глибоке ж місцеве переохолодження в таких випадках може закінчитися обмороженням тієї чи іншої частини тіла (частіше всього кінцівок) з незворотними порушеннями у всіх тканинах, включаючи кісткову.

Загальний холодний вплив, залежно від його сили і тривалості, може викликати переохолодження організму, яке спочатку проявляється у в'ялості, потім виникають почуття втоми, апатія, починається озноб, нарешті розвивається дрімотний стан, інколи з баченнями ейфорійного характеру. Якщо не вжити захисних заходів, то людина впадає у глибокий, подібний до наркотичного, сон з наступним пригніченням дихальної й серцевої діяльності і прогресуючим зниженням внутрішньої температури тіла. Як показує медична практика, якщо внутрішня температура тіла опустилася нижче 20 °С, то відновлення життєвих функцій зазвичай є неможливим.

Процеси загального та місцевого переохолодження особливо швидко розвиваються у воді, в якій тепловіддача організму відбувається на порядок інтенсивніше, ніж у повітрі. При катастрофах на морі переохолодження стає безпосередньою причиною загибелі значної частини потерпілих. Час, протягом якого людина зберігає свідомість і можливість рухатися за температури води близько 5 °С, рідко перевищує 30 хвилин. Боротьба з переохолодженням – одна із серйозних проблем забезпечення водолазних спусків і виконання робіт під водою.

Заходи захисту від переохолодження у виробничих умовах передбачають створення захисних споруд від вітру на відкритих майданчиках, обігрів виробничих приміщень, конструювання робочого одягу з достатнім тепловим опором. Велике значення має також адаптація людини до перебування в умовах низьких температур.

3.2. Вплив звуку, світла та інших факторів

Акустичне середовище є важливим компонентом у загальному середовищі проживання: людина живе у світі звуків. Параметри акустичного середовища можуть істотно впливати і на загальний стан людини, і на її працездатність, і на успішність діяльності, особливо тоді, коли доводиться працювати зі звуковими сигналами, відтворювати мовлення іншої людини.

Центральний відділ слухового аналізатора представлений нейронами кори верхньої частини скроневої частки середнього мозку (в області нижніх бугрів четверопрігору і в медіальному колінчастому тілі таламусної області) і довгастого мозку. Вихідним моментом у формуванні нормального слухового відчуття є коливання ендолімфи, передані рецепторним клітинам кортієвого органа у внутрішньому вусі. Ендолімфні коливання передаються від барабанної перетинки через систему слухових кісточок, що діють як підсилювач.

Слухове відчуття буде визначатися величиною тиску на барабанну перетинку, який створюється при поширенні акустичних хвиль. Для вимірювання цього тиску використовується величина дії сили $1 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$ на квадратний сантиметр, що дорівнює 10 Па. На практиці для оцінки звуку найбільш часто застосовується логарифмічна рівнева шкала відносин, а в якості одиниці виміру – децибел (дБ).

Екстремальні умови в акустичному середовищі створюються в основному або при наближенні звукового тиску до больового порогу, або за таких рівнів шуму, які ускладнюють прийом звукових сигналів. Больовий поріг звукового тиску становить приблизно 130 дБ. Проте вже при 100 дБ шум викликає загальне стомлення, знижує працездатність і якість роботи, а при 110–120 дБ пригнічує дію. За рівня шуму 110 дБ є неможливим пряме мовне спілкування.

У проектуванні робочих місць слід виходити з того, що рівень шуму вище 80 дБ є неприпустимим і вимагає використання засобів індивідуального захисту працівників.

Захисні заходи передбачають створення звукоізоляції робочих приміщень, застосування звукопоглинаючих матеріалів та індивідуальних засобів захисту (вушні заглушки, навушники, шоломи і т.п.).

Екстремальні умови, що виникають за рахунок факторів освітленості у виробничих приміщеннях, пов'язані зазвичай з розрізнявальною й адаптаційною функціями зору.

Зоровий аналізатор людини має складні біологічні механізми регулювання надходження світлової енергії до фоторецепторів очей і рівня чутливості фоторецепторів. Аналізатор включає в себе фоторецептори сітківки, провідні шляхи, підкіркові нервові центри, зорову кору (потилична область головного мозку).

При оцінці світлового впливу враховуються передусім *сила світла*, що вимірюється в канделах (кд); *світловий потік*, вимірюваний в люменах (лм); *яскравість*, вимірювана в канделах на квадратний метр ($\text{кд}/\text{м}^2$); *освітленість*, вимірювана в люксах (лк).

Низька освітленість ускладнює розрізнення деталей, знижує здатність розрізняти кольори. Робота в таких умовах призводить до розвитку втоми, появи помилок. У виробничих приміщеннях рівні загальної освітленості повинні бути в межах від 100 до 500 лк і вище (залежно від характеру роботи). Якщо ж людина працює із сигналами малої яскравості, то рівні освітленості мають бути знижені в 10–20 разів.

Виражений несприятливий ефект викликають і перепади яскравості в полі зору, різкі перепади освітленості. Це пов'язано з перевантаженням адаптаційного механізму зору. Так, наявність у полі зору ділянок поверхонь із перепадом яскравості в 5–7 раз викликає неприємні відчуття, головний біль, знижує працездатність і якість роботи. Особливо несприятливим для зору є вплив сліпучої яскравості. *Абсолютна сліпуча яскравість* дорівнює приблизно $22,5 \cdot 10^4 \text{ кд}/\text{м}^2$. Але сліпучий ефект може виникати і за менших значень залежно від вихідного рівня яскравості. Наприклад, за яскравості робочої поверхні в межах від 32 до $3200 \text{ кд}/\text{м}^2$ значення сліпучої яскравості знаходяться в діапазоні 11000–46000 $\text{кд}/\text{м}^2$. Джерелами сліпучої яскравості найчастіше виявляються

відкриті світильники у виробничих приміщеннях, світло фар автомобілів у нічний час, відблиски на робочій поверхні.

Труднощі зору можуть виникати також за постійної переакомодації очей через необхідність часто переводити погляд на різновіддалені об'єкти. Ці труднощі, пов'язані з перевантаженням зовнішніх м'язів очного яблука, можуть істотно підсилити ефект втоми за напруженої зорової роботи, особливо в несприятливих умовах освітленості.

Захисні заходи від несприятливих впливів факторів світлового середовища передбачають створення достатніх рівнів освітленості і рівномірності освітлення робочої поверхні, виключення джерел сліпучої яскравості, застосування захисних екранів та окулярів.

Екстремальні умови для людини можуть бути пов'язані з випромінюванням, що належить не тільки до видимої частини сонячного спектра, але й до невидимої, тобто з інфрачервоним та ультрафіолетовим випромінюванням. Вплив інфрачервоних променів розглядався вище серед чинників теплового випромінювання і терморегуляції організму. Ультрафіолетове випромінювання займає в сонячному спектрі ділянку з довжиною хвиль 0,4–0,0136 мкм. Як відомо, це випромінювання є біологічно активним. Ультрафіолетові промені необхідні для синтезу в організмі гістаміноподібних речовин (що відіграють важливу роль у забезпеченні нейрорегуляторних процесів) і вітаміну D (забезпечує процеси фосфорно–кальцієвого обміну).

Недостатність ультрафіолетового випромінювання викликає ефект так званого «світлового голодування». Ультрафіолетова недостатність у дорослих проявляється у зниженні працездатності та схильності до захворювань; у дітей вона може бути причиною розвитку рахіту. Заходи із профілактики ультрафіолетової недостатності передбачають спеціальні процедури ультрафіолетового опромінення або введення ультрафіолетового компонента у світловий потік, що формується у приміщеннях різними джерелами освітлення.

Надлишок ультрафіолетового опромінення може також призвести до важких розладів здоров'я і зниження працездатності. У виробничих умовах надлишкове ультрафіолетове випромінювання виникає під час дугового електрозварювання, при роботі ртутно–кварцевих пальників і електроплавильних печей.

Ультрафіолетове ураження організму може проявлятися як симптомами загальної інтоксикації, так і симптомами місцевого ураження. Симптоми загальної інтоксикації спричинені денатурацією білка і ліпідів тканин, надмірним утворенням активних речовин. До числа таких обмінних симптомів можна віднести підвищену втомлюваність з явищами збудження і роздратованості, головний біль, погане самопочуття.

Симптоми місцевого ушкодження виникають у шкірних покривах і в органах зору. Надмірне ультрафіолетове опромінення шкірних покривів викликає дерматит, що супроводжується набряком, больовими відчуттями, печінням, свербінням. Все це може серйозно ускладнити виконання роботи або призвести до зриву діяльності. Ураження очей (електроофтальмія) проявляється сильним кон'юнктивітом і кератитом. При цьому спостерігаються: інтенсивне

сльозотеча, ріжучий біль в очах, відчуття стороннього тіла, зниження чіткості зору та світлобоязнь. Всі ці явища розвиваються зазвичай не пізніше, ніж через 4–5 годин після опромінення і можуть призвести до повного зриву діяльності.

У природних умовах ураження шкірних покривів ультрафіолетовими променями частіше всього спостерігається при порушенні режиму опромінення сонцем – через недостатню попередню адаптацію до ультрафіолетового впливу. В умовах високогір'я, де ультрафіолетові промені менше поглинаються атмосферою та їх вплив посилюється за рахунок віддзеркалення від білої поверхні снігу, існує велика вірогідність ушкодження очей.

Заходи захисту від впливу ультрафіолетового випромінювання зазвичай зводяться до застосування окулярів, захисних масок, козирків і використання робочого одягу, що максимально закриває шкірні покриви.

Розвиток радіолокації, радіозв'язку, термічної обробки металів і т.п. ґрунтується на отриманні та використанні перемінного струму високої, ультра- і надвисокої частоти. Застосовувані з цією метою потужні генератори, трансформатори, лінії передач, антени пристрої створюють електромагнітні поля. Високочастотні коливання (ВЧ) мають довжину хвиль від 3000 до 10 м, ультрависокочастотні (УВЧ) – від 10 до 1 м, надвисокочастотні (НВЧ) – від 1 м до 1 мм.

Гранично допустимі величини інтенсивності опромінення для ВЧ-випромінювання – 5 А/м і 20 В/м, для УВЧ – 0,3А /м та 5 В/м. Для НВЧ інтенсивність опромінення протягом усього робочого дня не повинна перевищувати 10 Вт/м²; разова ж доза опромінення протягом 15–20 хв. за робочий день не повинна бути вище 1 мВт/см².

Інтенсивний вплив ВЧ-, УВЧ- і СВЧ-випромінювань на людину веде до розвитку астеничного синдрому з підвищенням порогів аналізаторів і зниженням працездатності. При цьому спостерігаються функціональні розлади нервової та серцево–судинної систем, зміна структурного та біохімічного складу крові, гіперфункція щитовидної залози.

Захист від ВЧ-, УВЧ- і НВЧ-випромінювань передбачає створення надійної екранізації.

У ряді випадків екстремальні умови пов'язані із впливом радіоактивного випромінювання. Залежно від дози опромінення в організмі людини можуть відбуватися зміни, які не тільки сильно знижують її працездатність, а й повністю порушують життєво важливі функції. Для оцінки опромінення використовують як величину поглиненої дози, так і кількість енергії випромінювання, поглинену одиницею маси опромінюваної речовини. Поглинена доза випромінювання, що дорівнює 100 ерг на 1 г опроміненої маси речовини, становить одиницю поглиненої дози – 1 рад = 1·10⁻² Гр (грей).

При одноразовому опроміненні протягом доби працездатність зберігається повністю при незначних змінах стану, якщо доза не перевищує 0,5 Гр (при багаторазовому протягом місяця опроміненні загальна доза не повинна перевищувати 1,0 Гр). За великих доз опромінення виникають променеві ураження різного ступеня тяжкості.

Захист людини від радіоактивного впливу передбачає створення спеціальної системи, що поглинає радіоактивне випромінювання, захист

поверхні тіла людини і дихальних шляхів, захист води таїжі від потрапляння радіоактивних частинок.

3.3. Газовий склад повітря

Людський організм пристосований до наступного газового складу повітря: $N_2 \approx 78\%$, $O_2 \approx 21\%$, $Ar \approx 0,93\%$, $CO_2 \approx 0,03\%$.

Дихальна функція організму людини полягає у здійсненні зовнішнього, легеневого, дихання, або власне газообміну між організмом і зовнішнім середовищем; транспортуванні кисню кров'ю до тканин-споживачів і вуглекислого газу – до легень; внутрішнього, тканинного, дихання, або власне споживання кисню і виділення вуглекислоти в окисних біохімічних реакціях.

Зовнішнє, легеневе, дихання відбувається за рахунок діяльності м'язів грудної клітки і діафрагми (і передньої черевної стінки при посиленому видиху). Регуляція дихання здійснюється складною системою, представленою рецепторами легень і м'язів, що беруть участь у дихальних рухах, а також хеморецепторами аортально-каротидної зони, що реагують на надлишок вуглекислоти і брак кисню у крові; провідними шляхами і центральним відділом (довгастий мозок, підкіркові утворення підбугрової області, кора). Дихальні рухи у спокої відбуваються зазвичай із частотою 15 – 18 в хвилину за об'єму повітря на кожному вдиху і видиху близько 500 мл.

Транспортування кисню від альвеол легень до тканин організму здійснюється рухом крові в результаті діяльності серцево-судинної системи. У капілярній системі альвеол легень при вдиху кисень, що міститься в альвеолярному повітрі, розчиняється у плазмі крові і з'єднується з гемоглобіном еритроцитів. У плазмі крові в капілярах альвеол містяться розчинений вуглекислий газ, а також рідка легко дисоціююча вугільна кислота та її бікарбонатні форми. При видиху вуглекислий газ надходить в альвеолярний повітря і виділяється назовні. Екстремальні умови можуть виникати за рахунок зниження або значного збільшення вмісту кисню і (або) підвищення вмісту вуглекислого газу у вдихуваній суміші газів.

Зниження вмісту кисню у вдихуваній суміші до 19% за нормального атмосферного тиску і без збільшення концентрації вуглекислого газу практично не впливає на дихальну функцію і працездатність. Проте зменшення вмісту кисню (за тих самих умов) до 17% призводить до посилення дихання, зниження чутливості зору, порушення координації рухів, що вимагають точності, появи помилок в оцінці ситуацій, прийняті рішень. Суб'єктивно ці порушення можуть тривалий час не відчуватися людиною як через відсутність вираженого відчуття дискомфорту, так і через порушення функції самоконтролю, що поступово розвивається. При наростаючих явищах гіпоксії, тобто недостатності кисню у тканинах організму, виникають відчуття слабкості, запаморочення, можуть спостерігатися психічні порушення, подібні до тих, що мають місце, зокрема, при алкогольному сп'янінні. В умовах наростання гіпоксії ці явища, як правило, не встигають розвинутися у зв'язку із втратою свідомості, яка може настати несподівано для людини.

Вміст кисню у вдихуваній суміші нижче 15% за нормального атмосферного тиску не може забезпечити життя навіть при максимумі діяльності дихальної системи. Це пояснюється тим, що парціальний тиск в альвеолярному повітрі, рівний 40 мм рт.ст., є критичним. Для забезпечення такого парціального тиску кисню в альвеолах необхідно, щоб у вдихуваному повітрі він був не меншим 114 мм рт. ст.

Однак і 100%-вий вміст кисню за нормального тиску також виступає екстремальним фактором. Дихання чистим киснем в таких умовах безперервно протягом 2–3 діб призводить до ураження легеневої тканини і можливого розвитку гіпоксії через порушення функцій легеневої тканини.

Екстремальні умови, як зазначалося вище, можуть виникати і внаслідок накопичення вуглекислого газу у вдихуваній газовій суміші. За нормального атмосферного тиску збільшення вмісту вуглекислого газу до 1–2% мало позначається на загальному самопочутті, але веде до почастишання дихання і зниження працездатності за підвищених навантажень. При 5%-вому вмісті вуглекислого газу у вдихуваній суміші самопочуття різко погіршується, дихання стає важким і прискореним, різко знижується працездатність, можлива втрата свідомості. Тривале дихання газовою сумішшю з такою концентрацією вуглекислого газу небезпечно для життя. При вмісті вуглекислого газу у вдихуваній суміші до 10% розвивається важке отруєння, і навіть короточасне дихання такою сумішшю є небезпечним для життя. Якщо газова суміш характеризується високою концентрацією не тільки вуглекислого газу, а й кисню, то її вплив на організм може бути іншим. Так, газова суміш, що містить 5% CO_2 і 50% O_2 , використовується як засіб для надання допомоги при отруєнні чадним газом. При цьому підвищений вміст кисню сприяє кисневому насиченню крові, а підвищена концентрація вуглекислого газу різко збільшує легеневу вентиляцію, сприяючи виведенню отруйної речовини з організму.

Процентний вміст газів атмосфери, що є оптимальним для людини за нормального атмосферного тиску, стає за значної зміни тиску не тільки не оптимальним, але й небезпечним. Такі умови найчастіше створюються в більш-менш герметичних приміщеннях з недостатньою вентиляцією або за несправності ізолюючих дихальних апаратів. Зміна тиску діє, по-перше, як механічний фактор; по-друге, як фактор, що порушує рівновагу між газовою і рідкою фазами у тканинах організму; по-третє, як фактор, що знижує якість газообміну між організмом і зовнішнім середовищем; по-четверте, як фактор, що змінює фізіологічний ефект газу (отруйна дія кисню, азоту та вуглекислого газу під тиском).

Екстремальна дія зміненого тиску проявляється насамперед у дисбарізмі, тобто в порушенні вирівнювання тиску в повітровмісних порожнинах тіла людини із зовнішнім тиском. Ці порушення можуть супроводжуватися сильними больовими відчуттями і призводити до серйозних порушень здоров'я. Виразність явищ дисбарізму залежить від величини і швидкості зміни тиску і від прохідності шляхів, що пов'язують повітровмісні порожнини організму із зовнішнім середовищем. Найбільш вразливою є порожнина середнього вуха, яка відокремлена барабанною перетинкою і з'єднується із зовнішнім середовищем через так звану евстахієву трубу, що відкривається в порожнину

носоглотки. За нормальної провідності євстахієвої труби вирівнювання тиску в середньому вусі з тиском у зовнішньому середовищі може здійснюватися зі швидкістю близько 380 мм рт.ст./хв. Ковтальні рухи можуть збільшити швидкість цього процесу. Затримка у вирівнюванні тиску призводить до зниження слуху навіть за незначної (близько 1,5 мм рт. ст.) різниці тисків у порожнині середнього вуха і зовнішнього. Якщо зміна тиску відбувається швидко, то різниця у величині порожнинного і зовнішнього тиску збільшується через відставання процесу вирівнювання. За різниці близько 230 мм рт.ст./хв. виникають сильні больові відчуття, що переростають у велику біль з наближенням різниці до 380 мм рт. ст./хв. Діяльність при цьому може бути повністю дезорганізована, можлива втрата свідомості, а подальше наростання різниці викликає перфорацію барабанної перетинки. За малої швидкості зміни тиску такі ж явища мають місце у випадку порушення провідності євстахієвих труб. Больовий ефект може суттєво посилитися за рахунок недостатньої провідності шляхів, що з'єднують фронтальні і гайморові пазухи із зовнішнім середовищем (через порожнину носа).

Різке підвищення тиску в порожнині легенів по відношенню до зовнішнього тиску може серйозно порушити дихальну діяльність, а у важких випадках призвести до баротравми, тобто розриву тканини легенів. Ці явища можуть мати місце за так званої вибухової декомпресії – розгерметизації кабін, скафандрів (якщо зовнішнє середовище сильно розріджене), швидкому спливанні (викиданні) водолазів, несправності ізолюючих дихальних апаратів і т. п. Збільшення тиску газової суміші, яку використовує людина для дихання (при водолазних спусках, в барокамері і т.п.), в силу її підвищеної щільності позначається на функціонуванні голосових зв'язок і артикуляційних м'язів. Так, при тиску, що удвічі перевищує атмосферний, змінюється тембр голосу (голос стає писклявим), погіршується розбірливість мови.

Як зазначалося вище, кількість газу, розчиненого у тканинах організму, залежить від зовнішнього тиску. При декомпресії (переході від нормального тиску до зниженого або від підвищеного до нормального) «надлишок» газу має бути виведений із тканин організму. Якщо час декомпресії узгоджений зі швидкістю звільнення тканин від газу так, що він виділяється через легені, минаючи перехід у газову фазу в самих тканинах, то процес декомпресії здійснюється без порушення функцій, без ушкодження тканин організму. Якщо швидкість декомпресії виявляється більш високою, то у тканинах організму і насамперед у крові утворюються бульбашки газу (в основному азоту), які можуть закупорити капіляри різних органів (мозку, серця та ін.) Ці явища газової емболії визначають характерні для кесонної хвороби порушення (біль у суглобах, порушення шкірної чутливості, розлади рухів, паралічі).

Захисні заходи щодо попередження кесонної хвороби передбачають дослідження і розробку режимів декомпресії, заміну азоту в газовій суміші газом, який швидко виводиться з організму, застосування скафандрів (гермокостюмів), що забезпечують створення тиску на тіло при падінні зовнішнього тиску. Для попередження пізніх проявів декомпресійної хвороби та її лікування використовуються барокамери, де створюється необхідний тиск, а потім за спеціальними режимами здійснюється декомпресія.

Порушення якості газообміну між організмом і зовнішнім середовищем може бути пов'язане зі зниженим атмосферним тиском. Зміна фізіологічних функцій організму проявляється в порушеннях (втраті) шкірної чутливості кінцівок, виникненні судом, а також у підвищенні рівня тривоги. У важких випадках відбувається зрив діяльності із втратою свідомості. Під підвищеним тиском починає проявлятися й отруйна дія вуглекислого газу, хоча його процентний вміст у вдихуваній суміші може бути незбільшеним або збільшеним у незначній мірі. Симптоми цього є схожими з тими, що мають місце у випадку впливу підвищеного вмісту вуглекислого газу за нормального тиску. Наявність вуглекислого газу в дихальній суміші, яка вдихається під тиском, істотно підсилює наркотичну дію азоту. Спочатку спостерігаються деяка ейфорія (безпричинна веселість), зниження самоконтролю у поведінці. Розвиток отруйної дії (за підвищення тиску приблизно до 10 кгс/см²) супроводжується порушенням оцінки ситуації, невмотивованими вчинками, виникненням галюцинацій, нездатністю виконувати задану діяльність. Потім, за тривалого перебування в таких умовах або за подальшого збільшення тиску, з'являються млявість, апатія, сплутаність свідомості і глибокий наркотичний сон, який закінчується у важких випадках отруєння смертельним результатом.

Заходи з попередження отруйної дії газової суміші при диханні передбачають заміну азоту нейтральним газом, наприклад гелієм; виключення із суміші вуглекислого газу; збіднення суміші киснем із таким розрахунком, щоб його парціальний тиск у суміші під тиском був близьким до парціального тиску кисню в атмосферному повітрі за нормального тиску.

Особливу групу складають екстремальні умови, які утворюються за рахунок впливу шкідливих газових домішок повітря. Це можуть бути забруднення компонентами тих речовин, які використовуються або виникають у технологічному процесі, входять до складу палив та устаткування. Наприклад, пара технічних рідин, паливно-мастильних речовин, палива, акумуляторні гази, пара ртуті і т. п.; вихлопні гази, порохові гази, чадний газ, озон тощо (тобто продукти згоряння та електризації); аміак, сірководень та ін. (продукти, що виділяються при біохімічних реакціях); речовини, що виділяються з деяких синтетичних матеріалів, використовуваних в машинобудуванні, будівництві тощо.

Вплив шкідливих газових домішок на організм людини є різним. Він може призвести і до важких соматичних ушкоджень, і до психічних розладів, в яких, залежно від отруйного агента, можуть переважати й депресія, й ейфорія, й агресивність тощо. Нерідко з'являється біль у різних органах, сильний головний біль, утруднення у сприйнятті та мисленні. Механізми дії домішок є різноманітними. Вони можуть порушувати процеси тканинного метаболізму, блокувати захисні механізми, призводити до розладу ферментних і каталізаторних систем і т.п.

Виражена отруйна дія багатьох домішок відбувається за дуже малого їх вмісту у вдихуваному повітрі. Так, наприклад, чадний газ при концентрації всього 0,001% через кілька годин може викликати отруєння. Це означає, що дана речовина може накопичуватися в організмі (властивість, характерна для багатьох шкідливих домішок).

Тобто одним з важливих завдань ергономіки є розробка ефективних методів контролю газового середовища і необхідних заходів захисту з урахуванням характеру виконуваної роботи.

3.3. Вплив прискорення на стан та діяльність людини

Сучасні транспортні засоби дозволяють досягати надзвичайно високих швидкостей руху, а це означає, що на людину протягом якогось часу може впливати *прискорення*, під яким розуміється зміна швидкості руху за величиною і (або) за напрямком. *Прискорення* можуть по-різному впливати на стан людини. Ефект впливу буде, природно, залежати від величини різниці у швидкості; часу, протягом якого ця різниця утворюється; тривалості дії прискорення. Крім того, через особливості будови людського тіла істотними виявляються вид прискорення і напрямок прискорення по відношенню до тіла.

За видом розрізняють прискорення прямолінійні, радіальні, кутові і коріолісове; за напрямом – поздовжні (від ніг до голови – негативні, від голови до ніг – позитивні) і поперечні (від грудей до спини і від спини до грудей). Кутове прискорення пов'язане зі зміною кутової швидкості і з'являється одночасно з радіальним. Коріолісове прискорення виникає при одночасному обертанні тіла у двох площинах і при зміні радіуса обертання, тобто кутової швидкості в одній з площин. Поява перевантажень є характерною для прямолінійних і радіальних прискорень, де цей ефект виражений настільки, що маскує кутові і коріолісове прискорення. Однак кутові і коріолісове прискорення також впливають на вестибулярний апарат, викликаючи або посилюючи його специфічні реакції.

У повсякденному житті людина практично постійно відчуває вплив прискорень, які в нормальних умовах рідко перевищують 0,2 g ($g \approx 9,81 \text{ м/с}^2$) (розгін і зупинка швидкісного ліфта, потягу, трамваю і т.п.). При зльоті пасажирського літака або екстремому гальмуванні потягу прискорення зазвичай не перевищує 0,5 g. Такі величини прискорення, враховуючи відносну короткочасність їх дії, не викликають особливих змін стану і не створюють особливих незручностей для пасажирів, але для роботи пілота і машиніста вони є значущими.

Вплив прискорень на працюючу людину викликає ряд змін в її стані. Подальше збільшення фізичного навантаження через необхідність долати діючі сили призводить до того, що підвищується напруження м'язів, інтенсифікуються обмінні процеси, посилюється серцева і дихальна діяльність. Так, наприклад, при поздовжньому прискоренні від ніг до голови, рівному 3g, потрібно затратити великі зусилля, щоб підняти руку до рівня плеча, переставити ногу в положенні сидячи. Через зростаючу «важкість» кінцівок і всього тіла важко виконувати робочі рухи, знижується рухливість. Відбувається зсув шкірних покривів і внутрішніх органів, порушується кровообіг. Зокрема, при виході літака з пікірування м'язи віків не можуть утримати «сповзання» віків на очі, а серце не може в достатній мірі забезпечити кровопостачання мозку.

За прискорень більшої тривалості вказані явища посилюються, можуть супроводжуватися крововиливами у внутрішні органи. Прискорення, що спрямовані від голови до ніг, переносяться важче, і при 4,5–5,0 g можуть викликати порушення цілісності кровоносних судин головного мозку. Переносимість за поперечно–бічного напрямку прискорень у кілька разів вище.

Межа переносимості за коротких прискорень, тривалістю менше 1 с (ударні прискорення), може підвищитися до 30–35 g, але вона залежить від напрямку прискорення і швидкості дії прискорення. Наприклад, за поздовжнього прискорення межа переносимості ударних прискорень в 2–3 рази менше. Прискорення при аваріях швидко рухомих предметів можуть набагато перевищувати межі переносимості (так, при зіткненні автомобілів величина прискорення може перевищувати 100 g).

Захист від шкідливого впливу прискорень ведеться за наступними напрямками:

- підвищення опірності організму людини до перевантажень шляхом фізичного тренування, що розвиває силу м'язів, міцність кістково–зв'язкового апарату;

- запобігання ушкоджень від навколишніх предметів, елементів устаткування шляхом конструктивного усунення виступаючих, гострих граней і кутів, а також посилення амортизаційних властивостей окремих елементів обладнання за рахунок їх деформації або навіть руйнування;

- вибір найбільш вигідної робочої пози, виходячи з необхідності мінімізації висоти положення голови по відношенню до серця і запобігання, по змозі, зміщенню внутрішніх органів, а також найбільш вигідного розподілу навантаження на кістково–м'язову систему;

- створення спеціальних опор, фіксаторів і збільшення площі опорних поверхонь;

- застосування захисного одягу (наприклад, захисних шоломів із м'якими прокладками).

Вище було розглянуто ситуації, що характеризуються впливом прискорення за наявності постійно діючої сили земного тяжіння. В умовах космічного польоту відсутність сили земного тяжіння (невагомість) також призводить до змін у стані організму людини.

Перебування в умовах невагомості викликає перебудову практично в усіх функціональних системах організму. Найбільш серйозні для виконання роботи проблеми виникають у перші години та дні перебування в космосі. Вони пов'язані з порушеннями координації рухів у нових умовах, звиканням до незвичного способу пересування, вестибулярними реакціями та ілюзіями просторового положення, труднощами просторових оцінок та ін. Практика тривалих космічних польотів показала, що під впливом невагомості змінюються обмінні процеси, діяльність систем кровообігу і кровотворення тощо.

Разом з тим тривалі польоти космонавтів свідчать, що людина може адаптуватися в космосі й успішно працювати протягом довгого часу. Однак для цього необхідно провести в земних умовах професійний відбір та спеціальну підготовку, спрямовану як на оволодіння діяльністю, так і на розвиток

необхідного рівня функціонування систем організму, розвиток здібностей самоконтролю та саморегуляції стану. В умовах же космічного польоту постала потреба у застосуванні комплексу фізичних вправ, які забезпечують підтримання необхідного рівня функціонального стану організму і можливість успішної реадаптації до земних умов.

Особливу групу факторів, що несприятливо впливають на людину і пов'язані із прискоренням, становлять *вібрації*, в тому числі й їх різновиди – *тряска* і *качка*. Механічні коливання середовища за певних їх характеристик можуть мати вібраційний ефект впливу на людину. У виробничих умовах вібраційний вплив людина відчуває при зіткненні з твердими поверхнями (підлога, ручний інструмент, робочі поверхні верстатів), що хитаються. Робота енергетичних установок, двигунів, верстатів, пресів і т.п. також супроводжується виникненням механічних коливань, які безпосередньо, при контакті з такого типу обладнанням, або опосередковано, через інші предмети, можуть впливати на людину.

Ефект впливу вібрації на людину залежить від її характеристик – *амплітуди, частоти і періоду*. *Амплітуда вібрації*, яка вимірюється в лінійних одиницях (міліметрах), показує найбільше відхилення коливання, а від квадрату амплітуди пропорційно залежить енергія коливання. *Частота вібрації*, яка вимірюється в герцах, показує кількість коливань на секунду, а величина, зворотна частоті, і яка вимірюється в секундах, характеризує *період коливання*.

Залежно від площі зіткнення тіла людини з віброуючою поверхнею і від характеристик вібрацій їх вплив на організм людини може бути місцевим або загальним. Місцева вібрація впливає на тонус кровоносних судин і кровопостачання тканин організму, знижує шкірну чутливість, викликає трофічні зміни в кістках і м'язах. Загальні впливи пов'язані з резонансними коливаннями окремих частин тіла та внутрішніх органів. В середньому для всього тіла резонансна частота становить 5 Гц; для серця, живота і грудної клітки – так само 5 Гц, для голови – 20 Гц, для очних яблук – 80 Гц, для центральної нервової системи – 250 Гц. Ефект впливу вібрацій на організм людини є неоднозначним. Однією з причин цього є те, що за різних частот змінюється відносна значущість характеристик вібрацій.

Сильні вібрації викликають зниження працездатності, втому, порушення зору, особливо бінокулярного. При вібрації малої частоти і великої амплітуди зі змінним періодом (тряска, поштовхи при русі по нерівній дорозі) можуть виникати удари, а також складнощі у виконанні робочих рухів. При плавних низькочастотних коливаннях, характерних для качки морських суден і літаків, у порушеннях стану і працездатності починають превалювати симптоми заколисування («морської хвороби»). Ці явища виникають у результаті переподразнення рецепторів вестибулярного апарату і внутрішніх органів.

Основні заходи щодо захисту людини від вібраційних впливів зводяться до застосування амортизаційних матеріалів і пристроїв (рукавиці, килимки, м'які сидіння, ресори, амортизатори і т.п.). Велике значення має і спеціальна підготовка, що передбачає комплекси вправ для тренування вестибулярного апарату.

4. Небезпеки та ризику

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Між шкідливими і небезпечними виробничими чинниками спостерігається певний взаємозв'язок. У багатьох випадках наявність шкідливих чинників сприяє прояву травмонебезпечних факторів. Наприклад, надмірна вологість у виробничому приміщенні та наявність струмопровідного пилю (шкідливі фактори) підвищують небезпеку ураження людини електричним струмом (небезпечний фактор).

Слід мати на увазі, що одні небезпеки впливають тільки на людину (обертові частини машин, відлітаючі частки металу), а інші – як на людину, так і на середовище, що оточує робочі місця (шум, пил).

Небезпеки носять природний характер або породжуються діяльністю людини, отже, небезпеки можна розділити на *природні* і *антропогенні*.

Антропогенні небезпеки пов'язані з певним видом діяльності людини. Називаючи професію, ми звужуємо перелік небезпек, що загрожують людині. Наприклад, шахтар піддається одним небезпекам, а пекар – іншим.

Небезпеки бувають:

- **Безпосередні** (підвищена температура, вологість, електромагнітні поля, шум, вібрація, іонізуюче випромінювання тощо). Впливаючи на живий організм, ці небезпеки викликають ті чи інші відчуття. У певних випадках ці впливи можуть бути небезпечними.

- **Непрямі небезпеки** впливають на людину не відразу. Наприклад, корозія металів безпосередньої загрози для людини не становить. Але в результаті її дії знижується міцність деталей, конструкцій, машин, споруд. За відсутності заходів захисту непрямі небезпеки призводять до аварій, породжуючи безпосередню небезпеку.

Властивість небезпеки проявляється тільки в певних умовах. Вберегти людину від прихованих потенційних небезпек вдається не завжди, тому що, по-перше, деякі небезпеки носять прихований характер, виявляються не відразу, виникають несподівано, непередбачено; по-друге, людина не завжди підкоряється сигналам, не виконує правил безпеки, які їй добре відомі.

В результаті небезпеки з потенційних перетворюються в дійсні, завдаючи великої шкоди, як окремим людям, так і суспільству в цілому.

Серед різних робіт виділяють роботи (і цілі професії) із підвищеною небезпекою. До них відносяться, наприклад, всі роботи, пов'язані з підйомними кранами, балонами високого тиску, електромережею високої напруги.

Суспільство, використовуючи різні засоби, забезпечує певний рівень безпеки виробництва, але абсолютну безпеку забезпечити не можна. Для характеристики небезпеки використовують поняття ризику.

Ризик – кількісна оцінка небезпеки, тобто відношення числа тих чи інших несприятливих наслідків до можливого числа їх за певний період

(зазвичай рік). Знання рівня ризику дозволяє зробити певний висновок про доцільність (чи недоцільність) подальших зусиль задля підвищення безпеки того чи іншого роду діяльності з урахуванням економічних, технічних і гуманітарних міркувань.

Повна безпека не може бути гарантована нікому, незалежно від способу життя. Тому сучасний світ прийшов до поняття *прийнятного (допустимого) ризику*, суть якого полягає у прагненні до такої малої безпеки, яку сприймає суспільство у даний період часу. У всьому світі за *прийнятний ризик* прийнято величину 10^{-6} ступеня. Нехтовно малим вважається індивідуальний ризик загибелі 10^{-8} .

Важливість конкретної кількісної оцінки ризику пояснюється тим, що економічні можливості підвищення безпеки технічних систем не безмежні. Витрачаючи великі кошти на підвищення безпеки, людина завдає шкоди іншим сферам економіки; при цьому технічний ризик знижується, але збільшується соціальний.

Контрольні питання

- Які бувають умови праці? Чим вони характеризуються?
- Чим відрізняються шкідливі та небезпечні виробничі фактори? Яким чином вони класифікуються?
- Яким чином температура впливає на працездатність людини?
- Якими фізичними показниками характеризують вплив звуку, світла та інших шкідливих та небезпечних факторів?
- Чим відрізняються поняття «небезпека» та «ризик»?

Лекція 4. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА НОРМУВАННЯ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ

1. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ

Методи визначення шкідливих та небезпечних факторів поділяються на:

- лабораторні;
- експрес–аналізи;
- інструментальні.

Лабораторні методи дають можливість точно визначити малі кількості шкідливих речовин в пробах повітря за допомогою таких приладів, як хроматографи, полярографи, фотоелектрокалориметри, спектрофотометри... Їх суть полягає у відборі проб повітря з робочої зони і проведенні фізико–хімічного аналізу в лабораторних умовах. Цей метод дозволяє одержати точні результати, однак вимагає значного часу.

Експрес–аналізи дозволяють безпосередньо в робочій зоні виміряти вміст шкідливих речовин за допомогою переносних газоаналізаторів з набором індикаторних трубок. Експрес–метод базується на явищі колориметрії (зміні кольору індикаторного порошку в результаті дії відповідної шкідливої речовини) і дозволяє швидко і з достатньою точністю визначити концентрацію шкідливої речовини безпосередньо у робочій зоні. Для цього методу використовують газоаналізатори (УГ–2, ГХ–4 та інші).

Для *інструментального контролю* використовуються газоаналізатори і газосигналізатори. При цьому методі безперервно автоматично реєструється вміст шкідливих хімічних речовин з використанням газоаналізаторів та газосигналізаторів (ФКГ–3М на хлор, „Сирена–2» на аміак, „Фотон» на сірководень).

Періодичність контролю стану повітряного середовища визначається класом небезпеки шкідливих речовин, їх кількістю, ступенем небезпеки ураження працюючих. Контроль (вимірювання) може проводитись безперервно, періодично протягом зміни, щоденно, щомісячно. Неперервний контроль із сигналізацією (перевищення гранично допустимої концентрації) повинен бути забезпечений, якщо в повітря виробничих приміщень можуть потрапити шкідливі речовини.

Методи і прилади, застосовувані для визначення вмісту шкідливих речовин у повітрі, повинні мати чутливість не менше половини значення гранично допустимої концентрації (ГДК), похибка не повинна перевищувати 25% від обумовленої величини.

Для визначення запиленості повітря застосовується ваговий метод – зважування чистих і забруднених фільтрів повітроочисних установок.

Визначенню шкідливих та небезпечних факторів передують квантифікація та ідентифікація небезпек.

Квантифікація (лат. Quatum – скільки) – кількісне вираження, вимірювання, що вводиться для оцінки складних, якісно визначуваних понять.

Небезпеки характеризуються потенціалом, якістю, часом існування або дії на людину, імовірністю появи, розмірами зони дії. Потенціал виявляється з кількісного боку, наприклад рівень шуму, запиленість повітря, напруга електричного струму. Якість відображає його специфічні особливості, що впливають на організм людини, наприклад частотний склад шуму, дисперсність пилу, рід електричного струму. Застосовуються чисельні, бальні та інші прийоми квантифікації. Мірою небезпеки може виступати і число потерпілих. Іншою мірою небезпеки може бути і принесений нею збиток для навколишнього середовища, який тільки частково може бути зміряний економічно (в основному через витрати на ліквідацію наслідків). Найбільш поширеною оцінкою є ризик – вірогідність втрат при діях, пов'язаних з небезпеками.

Під ідентифікацією (лат. Indentifico) розуміється процес виявлення і встановлення кількісних, тимчасових, просторових і інших характеристик, необхідних і достатніх для розробки профілактичних і оперативних заходів, спрямованих на забезпечення нормального функціонування технічних систем і якості життя. У процесі ідентифікації виявляються номенклатура небезпек, вірогідність їх прояву, просторова локалізація (координати), можливий збиток та ін., необхідні для вирішення конкретного завдання.

Методи виявлення небезпек діляться на:

- ***інженерний***. Визначають небезпеки, які мають імовірнісну природу походження.
- ***експертний***. Він спрямований на пошук відмов і їх причин. При цьому створюється спеціальна експертна група, до складу якої входять різні фахівці, що дають висновок.
- ***соціологічний*** метод. Застосовується при визначенні небезпек шляхом дослідження думки населення (соціальної групи). Формується шляхом опитувань.
- ***реєстраційний***. Полягає у використанні інформації про підрахунок конкретних подій, витрат яких–небудь ресурсів, кількості жертв.
- ***органолептичний***. При органолептичному методі використовують інформацію, що отримується органами почуттів людини (зором, дотиком, нюхом, смаком та ін.) Приклади застосування – зовнішній візуальний огляд техніки, виробу, визначення на слух (по монотонності звуку) чіткості роботи двигуна.

2. НОРМУВАННЯ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ

2.1. Нормування небезпек

Нормуванню шкідливих та небезпечних факторів передують нормування небезпек (наступу або появи помітною ймовірністю настання небажаних подій.).

За характером впливу на людину небезпеки можна розділити на 2 групи:

- фактори, які залежно від дозування шкідливі або небезпечні, але не потрібні для життя і діяльності людини;
- чинники, які при виході за допустимі рівні є небезпечними, але здатні надавати корисний і навіть необхідний ефект для людини.

Принципи нормування небезпек:

- Повне виключення впливу небезпеки;
- Регламентация гранично допустимої інтенсивності дії небезпеки;
- Допущення більшої інтенсивності дії при скороченні тривалості впливу;
- Регламентация інтенсивності дії з урахуванням накопичення негативного ефекту за тривалі періоди.

Рівні впливу на організм людини

- **Летальні рівні:**
 - ✓ мінімальні смертельні (одиночні випадки загибелі);
 - ✓ абсолютно смертельні;
 - ✓ середньосмертельні (загибель більше 50% організмів).
- **Порогові рівні:**
 - ✓ поріг гострої дії;
 - ✓ поріг специфічної дії;
 - ✓ поріг хронічної дії.

2.2. Особливості нормування шкідливих та небезпечних факторів

Шкідливі та небезпечні фактори спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість перевищує граничну для кожного фактора величину.

Шкідливі умови праці – це умови праці, що характеризуються наявністю шкідливих виробничих факторів, що перевищують гігієнічні нормативи і роблять несприятливий вплив на організм працюючого та (або) його потомство.

Рівні впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів нормовані гранично–допустимими рівнями, значення яких вказані у відповідних стандартах системи в безпеці праці та санітарно–гігієнічних правил.

ГДР (гранично–допустимий рівень) – характеристика, що застосовується до фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів – це граничне значення величини шкідливого виробничого фактора, вплив якого при щоденній регламентованій тривалості протягом усього трудового стажу не призводить до зниження працездатності й захворювання як в період трудової діяльності, так і до захворювання в наступний період життя.

ГДК (гранично допустима концентрація) – встановлений безпечний рівень речовини в повітрі робочої зони (можливо в ґрунті, воді, снігу) дотримання якого дозволяє зберегти здоров'я працівника протягом робочої зміни, нормального виробничого стажу і по виходу на пенсію. Не передається негативний наслідок на наступні покоління.

За величиною ГДК (і відповідно впливом на організм людини) в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (ГОСТ 12.1.007–76):

1-й – речовини надзвичайно небезпечні, ГДК менше 0,1 мг/м³ (свинець, ртуть, озон);

2-й – речовини високо небезпечні, ГДК 0,1...1,0 мг/м³ (кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, їдкі луги);

3-й – речовини помірковано небезпечні, ГДК 1,1...10,0 мг/м³ (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий);

4-й – речовини малонебезпечні, ГДК більше 10,0 мг/м³ (аміак, бензин, ацетон, гас).

Таблиця 4. 1

Класи небезпеки речовин

Показники	Норми для класу небезпеки			
	1	2	3	4
Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин (ГДК)	менше 0,1	0,1–1,0 (окису азоту)	1,1–10	більше 10
Середньозагибельна доза при введенні в шлунок, мг/кг	менше 15,0	15–150	151–5000	більше 5000
Те ж саме при нанесенні на шкіру, мг/кг.	менше 100	100–500	501–2500	більше 2500
Середньозагибельна концентрація в повітрі, мг/кг.	Більше 500	500–5000	5001–50000	більше 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО).	Більше 300	300–30	29–3	менше 3

Необхідно зазначити, що в списку ГДК, поряд з величиною нормативу, може стояти літера, яка вказує на особливість дії цієї речовини на організм людини:

О — гостронаправленої дії;

А — алергічної дії;

К — канцерогенної дії;

Ф — фіброгенної дії.

Відношення фактичної концентрації $C_{шк}$ шкідливого газу до його ГДК:

$$K_{тн} = \frac{C_{шк}}{C_{ГДК}} \quad (1)$$

називають *коефіцієнтом токсичної небезпеки середовища*.

На практиці доцільніше характеристику токсичної небезпеки середовища, яке містить суміш шкідливих газів, давати через еквівалентний склад в ній окису вуглецю. Для цього фактичну концентрацію кожного газу помножують

на коефіцієнт, який отримують від ділення ГДК окису вуглецю на ГДК газу, який розглядається, а потім знаходять суму еквівалентних концентрацій.

2.3. Нормування параметрів мікроклімату у виробничих та адміністративних приміщеннях

Для створення сприятливих умов роботи, що відповідають фізіологічним потребам людського організму, санітарні норми встановлюють оптимальні та допустимі метеорологічні умови в робочій зоні приміщення. Робоча зона обмежується висотою 2 м над рівнем підлоги або площі, де знаходяться робочі місця. При цьому нормуються температура, $t^{\circ}\text{C}$; відносна вологість в % та швидкість руху повітря в м/с.

Норми враховують:

- 1) час року – холодний і перехідний ($+10^{\circ}\text{C}$ і нижче), теплий ($+10^{\circ}\text{C}$ і вище) періоди;
- 2) категорію робіт – легкі, середньої важкості і важкі;
- 3) характеристику приміщення по теплонадлишкам (приміщення з незначними надлишками явного тепла – $20 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{год}$ і менше – і зі значними надлишками – понад $20 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{год}$).

До легких робіт відносяться, наприклад, роботи, які не потребують частих переміщень або підняття важких речей.

До робіт середньої важкості (витрати енергії від 150 до 250 ккал/год) належать роботи, що виконуються, наприклад, в цеху складання апаратури, в механоскладальних, деревообробних цехах.

Важкі роботи (витрати більше 250 ккал/ч) пов'язані з систематичною фізичною напругою і перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів (роботи по спорудженню кабельних та повітряних ліній електропередачі та зв'язку, будівельні та вантажно–розвантажувальні роботи та ін.)

Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату приведені в ГОСТ 12.1.005 та в СанПіН 2.2.4.548–96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень». Зміст аероіонів нормується і приведено в СанПіН 2.2.4.1294–03 «Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень».

Для визначення оптимального та верхньої межі допустимого мікроклімату можуть бути використані як окремі його складові, так і емпіричний коефіцієнт – індекс, в $^{\circ}\text{C}$, що відображає сполучений вплив температури повітря, швидкості його руху, вологості теплового опромінення на теплообмін людини з навколишнім середовищем

3. ПРИКЛАД НОРМУВАННЯ ЗАХИСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІЗОЛЮЮЧОГО АПАРАТУ ЯК ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ «ОРГАНІ ДИХАННЯ ЛЮДИНИ – ІЗОЛЮЮЧИЙ АПАРАТ – НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ»

Однієї з найбільш важливих характеристик ізолюючого апарату (ІА) є герметичність (здатність здійснювати перепону навколишньому середовищу до

його потрапляння в органи дихання газодимозахисника). Оскільки герметичною вважається оболонка, газовий обмін через яку не перебільшує допустимого, у якості таких показників використовують, в першу чергу, по першу чергу, коефіцієнт захисту (K_3) та коефіцієнт проникнення (K_{II}) шкідливих речовин через усю конструкцію ІА.

Кількісний показник коефіцієнту захисту K_3 позначає кратність зниження концентрації шкідливої речовини, що утримується в повітрі робочої зони, яку забезпечує розглядає мий засіб захисту:

$$K_3 = \frac{C_m}{C_{om}} = \frac{C_v}{C_{ov}}, \quad (2)$$

де C_{om} та C_m – відповідно масова концентрація шкідливих газів, у вдихуваному повітрі й у навколишньому середовищі, мг/м³;

C_{ov} , C_v – відповідно об'ємна частка шкідливих газів у вдихуваному повітрі й у навколишньому середовищі, %.

Фактично коефіцієнт захисту можна розглядати, як показник, який визначає, у скільки разів нормального повітря у дихальній суміші більше тієї кількості повітря, яка потрапляє до органів дихання з навколишнього середовища, тобто

$$K_3 = \frac{\omega_n}{\omega_p}, \quad (3)$$

де ω_n – легенева вентиляція, л/хв.

ω_p – проникнення (підсос) навколишнього повітря в систему, л/хв.

Для визначення K_3 реального ізолюючого апарату на практиці, як правило, експериментально знаходять коефіцієнт проникнення K_{II} (його ще називають коефіцієнтом підсосу), що виражає відношення концентрації шкідливої речовини в підмасочному просторі ІА (C_{om} , C_{ov}) до концентрації цієї речовини в повітрі (C_m , C_v) тобто

$$K_{II} = \frac{C_{om}}{C_m} = \frac{C_{ov}}{C_v}, \quad (4)$$

Відповідно коефіцієнт проникнення можна розглядати як

$$K_{II} = \frac{\omega_p}{\omega_n}. \quad (5)$$

Видно, що по величині коефіцієнту проникнення коефіцієнт захисту ЗІЗОД обчислюється за формулою

$$K_3 = \frac{1}{K_{\Pi}} . \quad (6)$$

Згідно до коефіцієнта захисту усі фільтруючі ЗІЗОД діляться на групи з різним ступенем захисту:

- * 1-а з $K_3 > 100$ гарантує захист при змісті в повітрі шкідливих речовин у концентраціях, що перевищують граничнодопустимі концентрації більш ніж у 100 разів;
- * 2-а з K_3 від 10 до 100 гарантує надійний захист від шкідливих речовин при їхньому утриманні в повітрі в кількостях, що перевищують граничнодопустимі концентрації від 10 до 100 разів;
- * 3-а з $K_3 < 10$ гарантує захист від нетоксичних аерозолів, газів і парів при їхньому утриманні в повітрі в кількості, що не перевищують граничнодопустимі концентрації більш ніж у 10 разів.

Ізолюючі ЗІЗОД повинні забезпечувати перший ступень захисту. Крім того, коефіцієнт захисту ЗІЗОД (K_3) повинний перевищувати коефіцієнт токсичності (токсичної небезпеки) середовища ($K_{ТН}$) і зберігати свої захисні властивості після тривалого збереження і транспортування при температурі повітря від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$ та за атмосферного тиску від 70,0 кПа до 125,0 кПа, а також під час роботи в середовищі, яке характеризується сполученням шкідливих газів. Тобто, застосування ЗІЗОД у токсичному середовищі припустимо тільки при дотриманні умови

$$K_3 \geq K_{ТН} . \quad (7)$$

З цієї умови слідує також, що мінімально необхідний коефіцієнт захисту апарату дорівнює коефіцієнту токсичної небезпеки середовища, який, як це було відмічено у першому розділі, визначається за формулою

$$K_{3\text{min}} = K_{ТН} = \frac{C_m}{C_{ГДКм}} = \frac{C_v}{C_{ГДКv}} , \quad (8)$$

де $C_{ГДКм}$ і $C_{ГДКv}$ – відповідно гранично допустима масова концентрація й гранично допустима концентрація об'ємної частки шкідливих газів у повітрі, яке вдихає газодимозахисник..

Очевидно, що коли коефіцієнт захисту K_3 дорівнює коефіцієнту токсичної небезпеки $K_{ТН}$, людина буде вдихати повітря з концентрацією, яка дорівнює гранично допустимій.

При одночасному вмісті в навколишньому середовищі кількох газів, які мають однаправлену дію (вважається, що однаправлену дію мають окис вуглецю CO , вуглекислий CO_2 та сірчистий SO_4 гази, сірководень H_2S , окиси

азоту NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3), коефіцієнт токсичної небезпеки середовища визначається за формулою

$$K_{\text{ТН}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{v_i}}{C_{\text{ГДК}v_i}}, \quad (9)$$

де C_{v_i} – обсягова частка i -го шкідливого газу в навколишньому середовищі, %
 ;
 $C_{\text{ГДК}v_i}$ – гранично допустима концентрація i -го шкідливого газу у вдихуваному повітрі, % .

При одночасному вмісті в навколишньому середовищі кількох газів (наприклад, окису вуглецю CO та нервово-паралітичного газу VX), що не мають однонаправлену дію, коефіцієнт токсичної небезпеки середовища визначають як

$$K_{\text{ТН}} = \max_i \frac{C_{v_i}}{C_{\text{ГДК}v_i}}. \quad (10)$$

Тобто, в останньому випадку, спочатку знаходять коефіцієнт токсичної небезпеки для кожного газу окремо, як це роблять при їх ізольованому впливі. Найбільше з отриманих значень приймають за коефіцієнт токсичної небезпеки середовища.

На практиці характеристику токсичної небезпеки середовища, яка складається з суміші небезпечних газів, дають через еквівалентний зміст у ньому окису вуглецю CO . Для найгірших умов, в яких дозволяється працювати в ізолюючих автономних ЗІЗОД (а це повітря, яке містить 10% окису вуглецю CO), масова концентрація CO в навколишньому середовищі дорівнює $116,7 \cdot 10^3$ мг/м³. З урахуванням того, що для подиху протягом не більше 4 годин гранично допустима концентрація (в робочій зоні) дорівнює 30 мг/м³, маємо

$$K_{\text{ТН}} = \frac{116,7 \cdot 10^3}{30} = 3890. \quad (11)$$

Це означає, що в середовищі із зазначеною концентрацією окису вуглецю припускається робота в апараті, у якого коефіцієнт захисту більше 3890. Внаслідок (7) та з урахуванням (9), оскільки під час пожежі виділяються й інші небезпечні речовини, у якості нормованого розміру приймається значення коефіцієнту захисту

$$K_3 \geq 5 \cdot 10^3, \quad (12)$$

що забезпечує надійний захист органів дихання, і це необхідно підкреслити, під час перебування газодимозахисника в середовищі, коефіцієнт токсичної

небезпеки якого менше коефіцієнта токсичної небезпеки середовища в найгірших умовах пожежі.

Контрольні питання

- Чим визначаються конкретні умови діяльності на робочому місці?
- Небезпечні і шкідливі виробничі фактори, їх класифікація
- Вплив шкідливих та небезпечних чинників на діяльність людини
- Методи визначення шкідливих та небезпечних факторів.
- Навіщо нормуються шкідливі та небезпечні фактори?
- Що уявляє собою аддитивний вплив шкідливих та небезпечних факторів?

Лекція 5. ЕРГОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

1. ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ШКІРИ

Створення ефективних індивідуальних засобів захисту шкіри від отруйних, радіоактивних речовин і бактеріальних засобів при сучасних технічних можливостях змушує, як правило, жертвувати в тій чи іншій мірі гігієнічними властивостями одягу. У зв'язку з цим, безсумнівне значення набуває знання специфіки впливу захисних комплектів на організм людини, особливостей їх експлуатації в різних умовах.

Одяг ізолюючого типу істотно ускладнює теплообмін людини з зовнішнім середовищем. Відомо, що в будь-якому фізіологічному стані, при важкій фізичній роботі або в повному спокої, людина повинна віддавати в навколишнє середовище тепло, безперервно утворюється в процесі обміну речовин, зберігаючи температуру тіла на відносно постійному рівні. Порушення динамічної рівноваги між теплопродукцією і тепловіддачею веде або до накопичення тепла в тілі (підвищення температури, перегрів), або до дефіциту його (зниження температури, переохолодження). Границі коливань температури тіла, які людина може переносити безкарно, надзвичайно вузькі; перевищення їх завжди тягне за собою зниження в тій чи іншій мірі працездатності та створює загрозу виникнення важких термічних уражень. Тепло віддається в зовнішню середу в основному конвекцією, променевим випромінюванням і випаровуванням вологи з поверхні шкіри і через органи дихання. Залежно від теплового стану зовнішнього середовища і тяжкості фізичного навантаження питомі значення тепловіддачі зазначеними шляхами змінюється завдяки спряженої діяльності багатьох органів і систем людини, об'єднаних у цілісному організмі тонким механізмом складнорефлекторної регуляції теплообміну.

Так, при зниженні температури зовнішнього середовища незалежно від волі людини рефлекторно звужуються кровоносні судини шкіри і зменшується об'єм циркулюючої крові; обмежений приплив нагрітої крові від внутрішніх органів і м'язів до поверхні тіла зменшує теплопровідність тканин, знижує температуру шкіри. Все це, врешті-решт, скорочує віддачу тепла радіацією і конвекцією. Одночасно відзначається підвищення м'язового тону і активізація функції деяких залоз внутрішньої секреції (щитовидної залози, наднирників), що має наслідком підвищення інтенсивності обміну речовин, теплопродукції. Потовиділення в даних умовах, як відомо, відсутнє, проте "непомітне" випаровування вологи з поверхні шкіри відбувається безперервно.

При підвищенні зовнішньої температури, по мірі звуження градієнта температур "тіло людини – навколишнє середовище" в рефлекторному відповіді організму на перший план виступає розширення судин шкіри, прискорення кровотоку і збільшення об'єму циркулюючої крові за рахунок мобілізації останньою з "депо" (селезінки, печінки) і переходу рідини з клітин

органів і тканин. Підвищений приплив нагрітої крові від внутрішніх органів до поверхні тіла знижує теплоізоляційні властивості тканин, підвищує температуру шкіри, посилюючи тим самим радіаційно–конвекційний потік тепла в зовнішнє середовище. Якщо цієї фізіологічної реакції виявляється недостатньо для врівноваження теплопродукції і тепловіддачі, рефлекторно "включаються" резервні механізми теплорегуляції – виділення поту і певною мірою збільшення обсягу легеневої вентиляції, завдяки яким підсилюється випаровування вологи і, отже, охолодження поверхні шкіри та дихальних шляхів. Якщо ж температура зовнішнього середовища досягає температури тіла або перевищує її, виділення і випаровування поту виявляється єдиним способом тепловіддачі.

Для людини, однак, небагато, якими шляхами переважно забезпечується відведення тепла в зовнішнє середовище. Розширення ємності периферичного судинного русла, прискорення кровотоку при збільшеному обсязі циркулюючої крові, необхідні для забезпечення теплопереносу та потовиділення, висувають високі вимоги до серцево–судинній системі. У боротьбі з перегріванням відчувають велику напругу органи дихання, виділення, змінюється співвідношення між процесами збудження і гальмування в центральній нервовій системі, швидкість і характер перебігу складних біохімічних процесів, що становлять сутність обміну речовин – сутність життя.

Будь–яке ланка процесу теплообміну людини – фізіологічні процеси. При експлуатації ізолюючого одягу необхідно враховувати фізіологічні механізми теплорегуляції, специфіку відповідних реакцій на нагрівання і охолодження, ступінь напруги органів і систем, що несуть відповідальність за підтримання теплової рівноваги в кожній даній життєвій ситуації. Ізолюючий одяг, створюючи навколо людини замкнутий геометричний простір, майже повністю виключає випаровування вологи з поверхні шкіри і чинить опір радіаційно–конвекційної тепловіддачі.

При низьких температурах навколишнього середовища ізолюючий одяг у відомих межах полегшує підтримання теплового рівноваги організму. Виготовлена з повітронепроникним матеріалів, вона добре захищає від вітру та атмосферних опадів. Надягання ізолюючих костюмів (плащів) поверх зимового обмундирування при температурі зовнішнього середовища від 0° до -10°C або поверх зимового обмундирування та ватника при більш низьких температурах, що, до речі, необхідно враховувати при підгонці одягу, забезпечує достатній захист від охолодження. Тривалість безперервної роботи в цих умовах лімітується лише фізичної втомою.

У процесі експлуатації ізолюючої одягу не можна, однак, не враховувати, що випаровування вологи з поверхні шкіри, як зазначалося, ніколи не припиняється. Короткочасні інтенсивні фізичні навантаження викликають потовиділення і в холодну пору року. Натільна білизна та обмундирування взимку можуть вбирати до 1,5–2 кг поту. Зволоження одягу під ізолюючим костюмом підвищує теплопровідність всього ансамблю одягу. При достатньо низьких зовнішніх температурах внутрішня поверхня ізолюючих костюмів може покриватися інеєм і льодом. Швидке припинення роботи в ізолюючих костюмах при відсутності можливості змінити білизну (обмундирування) або

просушити їх створює умови для виникнення простудних захворювань, переохолодження та обмороження.

При високих температурах, коли домінуючою фізіологічною реакцією терморегуляції стає виділення поту, порушення теплової рівноваги у бік накопичення невідведеного тепла веде до прогресуючого наростання температури тіла. Боротьба з перегріванням в цих умовах є найбільш складною і важкою. При цьому, як правило, виникає необхідність регламентації термінів роботи в індивідуальних засобах захисту.

Тривалість безперервного перебування в ізолюючому одязі в умовах теплового дисбалансу залежить від швидкості акумуляції тепла до межі переносимості перегрівання. Вона може прогнозувати, якщо відомі теплові характеристики одягу, зовнішнього середовища і теплопродукції працюючих. Слід зазначити, що в тілі людини існує досить складне просторове температурне поле, радіальні і аксіальні градієнти температур, обумовлені неоднаковим теплоутворенням у внутрішніх органах і м'язах, різною теплоізоляцією їх, різнозначними умовами для перенесення тепла кров'ю. У стані теплового комфорту середня температура мозку, органів грудної та черевної порожнини ("серцевина") досить стійко підтримується на рівні 37°C . Цій температурі найбільш близько відповідає температура, вимірювана в прямій кишці T_r . У цих же умовах оптимального теплового стану температура поверхневих шарів тіла ("оболонки"), зокрема шкіри, в різних точках коливається від $29,4^{\circ}$ (тил стопи) до 34° (лоб, передня поверхня шії). Середньозважена температура шкіри T_k близько 33° .

Середню температуру тіла людини в цілому T_{CP} з урахуванням співвідношень маси частин його, які умовно об'єднуються поняттями "серцевина" і "оболонка", розраховують за формулою

$$T_{CP} = 0.8 \cdot T_r + 0.2 \cdot T_k \quad (1)$$

Тобто, середня температура 37° тіла людини в стані теплового комфорту становить $T_{CP}^{комф} = 0.8 \cdot 37^{\circ} + 0.2 \cdot 33^{\circ} = 36,2^{\circ}$.

Численними спостереженнями встановлено, що підвищення температури "серцевини" до $38,6\text{--}39,0^{\circ}$ є межею допустимої напруги терморегуляторного апарату. В цих умовах частота серцевих скорочень досягає $160\text{--}180$ уд./хв., різко частішає дихання, розвивається гостре зневоднення внаслідок швидкої втрати великої кількості поту (до $2\text{--}3,5$ л/год), температура шкіри, вирівнюючись в різних точках, підвищується до 36° , з'являється головний біль, шум у вухах, послаблюється увага, порушується координація рухів. Більшість осіб (виключаючи спортсменів) заявляє про неможливість подальшого перебування в захисному одязі. Перевищення даного температурного рівня небезпечно, так як подальший підйом температури тіла, зокрема через різке збільшення теплопродукції, відбувається швидко, стрибкоподібно, загроза теплового удару виявляється реальною і близькою. Слід мати на увазі, що реакція на перегрівання має виражений індивідуальний характер, залежить від рівня фізичної підготовленості, що передусє адаптації до дії високих температур,

і спеціального тренування. В окремих ослаблених осіб старшого віку підвищення температури тіла до $37,6-37,8^{\circ}$ іноді супроводжується серйозними зрушеннями з боку серцево-судинної системи і зниженням працездатності.

Таким чином, середня гранично допустима температура тіла при перегріванні $T_{\text{CP}}^{\text{пред}}$, обчислена за формулою (1), складає $T_{\text{CP}}^{\text{пред}} = 0.8 \cdot 38,8^{\circ} + 0.2 \cdot 36^{\circ} = 38,4^{\circ}$, а гранично допустиме підвищення температури тіла щодо стану теплового комфорту $\Delta T = T_{\text{CP}}^{\text{пред}} - T_{\text{CP}}^{\text{комф}} = 38,24^{\circ} - 36,2^{\circ} = 2,04^{\circ}$.

Кількість акумульованого тепла Q при досягненні гранично допустимого підвищення температури тіла можна розрахувати за формулою

$$Q = 0.83 \cdot M \cdot \Delta T = 1.7M, \quad (2)$$

де $0,83$ – середня теплоємність маси тіла людини, ккал/кг·град;

M – маса тіла, кг.

Знаючи вихідні фізіологічні критерії граничного теплового напруги людини, можна скласти рівняння теплового балансу при роботі в тому чи іншому комплекті ізолюючого одягу і розрахувати орієнтовно граничну тривалість перебування в ньому при заданих умовах зовнішнього середовища

$$0.8 \cdot H - q_{\text{к+в}} - q_{\text{д}} = \frac{Q}{\tau}, \quad (3)$$

звідки

$$\tau = \frac{1.7 \cdot M}{0.8 \cdot H - q_{\text{к+в}} - q_{\text{д}}}, \quad (4)$$

де $0,8$ – частка енергетичних витрат, які перетворюються при роботі в тепло;

H – енерговитрати людини, ккал/год;

$q_{\text{к+в}}$ – тепловіддача конвекцією та випромінюванням (радіацією), ккал/год;

$q_{\text{д}}$ – тепловіддача через органи дихання, ккал/год;

τ – час накопичення Q ккал тепла (толерантний час), годин.

У найбільш загальній формі тепловіддача конвекцією та випромінюванням (радіацією) може бути обчислена за формулою

$$q_{\text{к+в}} = r \cdot (T_{\text{CP}} - T_{\text{пов}}) \cdot S_{\text{тіла}}, \quad (5)$$

де r – середній загальний коефіцієнт тепловіддачі через одяг конвекцією і радіацією, ккал/($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}$);

$T_{CP} = 37.2^{\circ}C$ – медіанальна температура тіла (середина температура між середньою температурою в стані теплового комфорту і гранично допустимою температурою при перегріванні);

S – площа поверхні тіла, m^2 ;

$T_{пов}$ – температура повітря, $^{\circ}C$.

Площа поверхні тіла людини може бути знайдена за спрощеною формулою Михайлова

$$S = 0.01 \cdot (M + h - 60), \quad (6)$$

де M – маса тіла, kg ; h – зріст, cm .

Сумарна тепловіддача через органи дихання визначається кількома складовими: нагріванням вдихуваного повітря (2–3%), випаровуванням вологи з поверхні дихальних шляхів (9–10%), утворенням CO_2 (3–4%). В залежності від температури і вологості вдихуваного повітря, обсягу легеневої вентиляції ці величини можуть варіювати. В орієнтовних розрахунках без великої похибки можна користуватися даними, наведеними вище в дужках. В цілому виділення тепла через органи дихання при виконанні фізичних навантажень середньої тяжкості в жарку погоду становить близько 15% від загальної величини енергетичних витрат, тобто $q = 0.15 \cdot H$.

Підставляючи значення тепловіддачі конвекцією і радіацією, а також через органи дихання у формулу (4), отримуємо

$$\tau = \frac{1.7 \cdot 70}{0.8 \cdot H - r(37.2 - 24) \cdot S}. \quad (7)$$

Приклад. Розрахувати граничний час перебування в костюмі Л–1 ($r = 6,4$ ккал/ $m^2 \cdot год \cdot град$) рятувальника, який має зріст 170 cm , вагу 70 kg ($S = 1,8 m^2$) у разі виконання роботи з затратою енергії 450 ккал/год при температурах зовнішнього повітря 29° , 24° , 17° .

$$\tau = \frac{1.7 \cdot 70}{0.65 \cdot 450 - 6.4(37.2 - 24) \cdot 1.8} = 0.84 \text{ години} = 50 \text{ хвилин}.$$

Аналогічний розрахунок для 29° і 17° дає відповідно 35 хвилин і 2 години. Керівними документами щодо користування Л–1 встановлені наступні терміни безперервної роботи середньої тяжкості одязі: при температурі $+30^{\circ}$ і вище – 15–20 хвилин; при температурі $+25^{\circ}$ – 29° – 30 хвилин; при температурі $+20^{\circ}$ – $+24^{\circ}$ – 40 – 50 хвилин, при температурі $+15^{\circ}$ – 19° – до 1,5 – 2 годин; при температурі нижче $+15^{\circ}$ – більше 3 годин. Ці терміни, як бачимо, задовільно пояснюються наведеними розрахунками.

Таким чином, основним чинником, що лімітує тривалість роботи в ізолюючій одязі при високій температурі зовнішнього середовища, є не вичерпання захисної потужності одягу і не фізична перевтома, а прогресуюче наростання явищ перегрівання, "теплове виснаження", обумовлене

виключенням основного шляху тепловіддачі в даних умовах – випаровування поту.

2. ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

Серед ергономічних показників найбільш важливими є вимоги до маси засобів індивідуального захисту та до умов дихання. Згідно до діючих на сьогодні стандартів маса спорядженого регенеративного дихального апарату з часом захисної дії 4 години повинна бути не більше 14,0 кг, а апарата на стисненому повітрі – не більше 17,0 кг. Стосовно ізолюючих костюмів, які використовуються при виконання робіт, що пов'язані з гасінням пожеж та ліквідацією аварій на АЕС, їх маса повинна бути не більше $22,5 \pm 0,5$ кг, для інших ізолюючих костюмів – не більше 11 кг (без дихального апарату).

Щодо умов дихання, то головною вимогою є наближеність газового складу повітря, яке вдихає газодимозахисник, до його складу в атмосферному повітрі. Через це, об'ємна доля кисню в газовій суміші, яка поступає на вдих, повинна бути не менше 21 %, а об'ємна доля двоокису вуглецю – не більше 1,5 %. Об'ємна доля двоокису вуглецю в дихальному мішку регенеративного дихального апарату на протязі умовного часу захисної дії повинна бути не більше 1,0 %, при цьому середнє значення за весь час роботи не повинно перебільшувати 0,3 %.

Температура повітря, яке вдихає газодимозахисник, при температурі навколишнього середовища 40°C під час виконання роботи середнього ступеня важкості (легенева вентиляція 30 л/хв.) на протязі 30 хвилин від початку роботи повинна бути не більше $37,0^{\circ}\text{C}$. Для ізолюючих костюмів за весь час їх захисної дії локальна температура під костюмного простору не повинна перевищувати 50°C . Крім цього, для оцінки ергономічних і фізіолого-гігієнічних властивостей ізолюючих костюмів використовують значення показників стану людини. Наприклад, частота серцевих скорочень при виконанні важкої роботи (енерговитрати $290 \div 350$ Вт) не повинна перебільшувати 170 хв.^{-1} .

Враховуючи те, як опір дихання в ізолюючих апаратах впливає на герметичність, суворо нормуються вимоги до опору диханню на вдиху та видиху (див. табл.1).

Табл.1

Вимоги до опору диханню

Легенева вентиляція, л/хв.	Опір диханню, Па, не більше	
	на вдиху	на видиху
12,5	– 100	300
30	– 300	300
60	– 600	750
85	– 900	1000

Основні вимоги до конструкції КЗІЗ також пов'язані з його ергономічними характеристиками. Так, форма та габаритні розміри повинні відповідати будові людини, поєднуватися із спорядженням рятувальника,

забезпечувати зручність при виконанні всіх видів робіт (у тому разі пересування через вузькі люки та лази діаметром не менше 800 мм, пересування повзучи та на четвереньках та ін.). Наведений центр маси повинен знаходитись не далі ніж в 30 мм від сагітальної площини людини.

Підвісна та система, що амортизує, повинні бути виконані таким чином, щоб засіб індивідуального захисту зручно розміщався на людині, міцно фіксувався, не викликаючи потертостей і ударів під час роботи. Пристрій причіпної системи повинен дозволяти одягання ізолюючого апарату після включення до нього, а також знімати й переміщувати перед собою ізолюючий апарат без вимикання з нього при пересуванні в тісних приміщеннях.

Підвісна система ізолюючого апарату повинна забезпечити рятувальнику можливість швидко, просто та без сторонньої допомоги надягти апарат та регулювати його кріплення (можна відмітити, що конструкція спеціального захисного одягу ізолюючого типу повинна забезпечити його швидке та зручне одягання за допомогою асистента за час не більше 5 хвилин). Причіпна та система, що амортизує, ременів ізолюючого апарату повинні мати пристрої для регулювання їх довжини та ступеня на тяжіння. Всі пристрої для регулювання положення засобу індивідуального захисту повинні бути виконаними таким чином, щоб ремені після регулювання міцно фіксувались. Регулювання ременів підвісної системи не повинно порушатись на протязі всієї роботи.

Більшість конструктивних вимог пов'язана із забезпеченням безпечної роботи рятувальника. Це і показники тиску в камері редуктора, і необхідність автоматичного продувного пристрою, який вилучає з повітропровідної системи газову суміш, і обсяг мертвого простору, і можливість рятувальника самостійно розкрити герметичний зовнішній скафандр ізолюючого костюму у випадку виникнення аварійної ситуації (при цьому час до визволення дихальних шляхів повинен бути не більше 30 с), тощо.

Контрольні питання

- Чим визначається ускладнення теплообміну під час роботи в захисному одязі ізолюючого типу?
- Чим визначається тривалість безперервного перебування в ізолюючому одязі?
- Які ергономічні показники є найбільш важливими для засобів індивідуального захисту?
- Чим викликана більшість конструктивних вимог до засобів індивідуального захисту?

Лекція 6. ПОНЯТТЯ ЕРГОНОМІЧНОГО РІВНЯННЯ ТА ЙОГО СКЛАДОВІ. ПРИНЦИПИ СКЛАДАННЯ ЕРГОНОМІЧНОГО РІВНЯННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

На цей час існує два підходи до визначення поняття «ергономічне рівняння»:

- вербальний (словесний) – угруповання ключових ергономічних понять за їх типом й черговістю;
- кількісний (кваліметричний) – реалізація кількісних співвідношень, які відображають залежність закономірностей, які описують функціонування ергатичної системи, від кількісних показників, що характеризують окремі її елементи: «людину», «техніку», «середовище».

1. ЕРГОНОМІЧНЕ РІВНЯННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ (вербальний підхід)

Ергономічні рекомендації для користування конкретним технічним приладом зазвичай складаються з рядів таблиць даних. Факти і цифри точні, але тягар їх застосування в реальній ситуації з конкретною технікою лягає на плечі користувача. Це може призвести до розчарування і помилок, що погано, якщо ви усвідомлюєте, що шлях до здорової роботи на комп'ютері починається з вашого власного тіла.

Американськими вченими була зроблена спроба усунути прогалини між статистичними та практичними елементами ергономіки. Вони показали, що досягнення здорового балансу між тілом, технічним приладом і навколишнім середовищем можна спростити шляхом групування ключових ергономічних понять за їх типом і черговістю. Результатом став інноваційний трьохетапний процес, який вони назвали «ергономічним рівнянням»:

**Нейтральна поза + Вільний рух + Час для відновлення сил =
= Комфортна робота з технікою, яка не завдає шкоди здоров'ю**

Розуміння ергономічного рівняння еквівалентно, наприклад, володінню індивідуально налаштованою комп'ютерною станцією на базі вашого комп'ютерного обладнання, вашого оточення і розмірів вашого тіла. Перш за все, давайте розглянемо логіку кожного етапу на прикладі користування комп'ютером.

1. Нейтральна поза. Уявіть «нейтральну позу» як позу, яку ваше тіло приймає природно і зі зручністю. Нейтральна поза вимагає найменше витрати енергії і створює найменшу кількість структурного напруги і пов'язаної з ним втоми. Крім того, нейтральна поза допомагає зберігати нормальний вигин вперед шийного відділу хребта. Чотири врівноважують один одного вигину хребта (спереду назад) призначені для амортизації ударів і зменшення структурного та гравітаційного напруги. Природні вигини служать для захисту головного, спинного мозку і прилеглої мережі спинних нервів, а також для їх нормального функціонування.

Не помиляйтеся, вважаючи, що нейтральна поза означає перебування на одному місці. Антропометричні дані також визначають прийнятний «діапазон рухів» – тривимірне простір, що оточує нейтральне положення, в межах якого ви рухаєтеся. Люди не повинні дозволяти будь-якій частині тіла залишатися «нерухомою» більше декількох хвилин. Відомо, що збереження нерухомоті також є статичним навантаженням на м'язи, що створює токсичні відходи і виникає в результаті втому. Діапазон рухів пов'язує перший етап ергономічного рівняння з наступним етапом: вільним рухом.

2. **Вільний рух**. При координації з нейтральною позою вільний рух працює над підтриманням тіла в рівновазі з самим собою і з оточенням. Це відноситься до рухів нашого тіла, які виникають ненавмисно, але з важливою метою: запобігати напругу і втому. Такий вид дискомфорту може бути локалізована за короткий час, але тривале або повторює вплив може призвести до більш серйозних пошкоджень.

Вільний рух – це різні довільні руху нашого тіла, які ми здійснюємо, щоб запобігти напругу і втому. Метою вільного руху є підтримання рівноваги і балансу нашого тіла і усунення застійних явищ, які провокують статичні пози.

На етапі 1 ви розташували ваш комп'ютер для оптимальної взаємодії з оптимальною нейтральною позою вашого тіла. Метою другого етапу є забезпечення такого положення, що не вимагає зусиль вільного руху, необхідного нашому тілу для підтримки балансу і запобігання утворення токсинів, що виникають внаслідок статичної пози.

Ви коли-небудь зосереджували свою увагу на екрані комп'ютера до такої міри, що переставали помічати те, що робиться навколо вас? Те ж відбувається і з вашим тілом: стислі щелепи, зімкнуті лікті, схрещені коліна і немигаючі очі – це першопричина безлічі станів, яких ми сподіваємося уникнути. Якщо наші інструменти або опорні структури перешкоджають вільному руху (наприклад, затікають ноги, бо стілець обмежує кровообіг; викривлена шия, щоб бачити екран комп'ютера, тому що підставка комп'ютера не регулюється, дуже нестійка клавіатура, щоб можна було дотягтися до склянки води), ми тільки робимо погану ситуацію ще гірше.

Зайняті люди, які користуються одним комп'ютером спільно з іншими користувачами, особливо схильні до ризику, якщо у них немає часу або можливості відрегулювати комп'ютер для зручності своєї роботи. З цих причин вкрай важливо вибирати опорні системи (столи, стільці, підставки для комп'ютерів, важелі, візки тощо).

З усіх трьох етапів ергономічного рівняння значення етапу «Вільний рух» найчастіше недооцінюється і, можливо, ігнорується при виконанні останнього етапу «Час для відновлення сил», що набагато більш критично.

3. **Час для відновлення сил**. Останній етап ергономічного рівняння передписує періоди відпочинку. Неправильні робочі пози створюють асиметричне стиснення хребетних дисків і напруга від надмірної механічного навантаження на опорних зв'язках і в суглобових сумках. Коли тіло неодноразово і протягом тривалих періодів часу відчуває незбалансовану статичну м'язову навантаження, це призводить до утворення токсичних відходів в м'язах з виникає в результаті втомою та втратою працездатності.

Прості руху і потягування допомагають тілу позбавлятися від отруйних побічних продуктів м'язового метаболізму.

Фізичний дискомфорт в дійсності не може бути видалений з кожного виду розв'язуваної людиною задачі, але етап 3 ергономічного рівняння фокусується на вкрай важливій ролі часу в зрівноважуванні напружених дій поновлюючими діями: на кожні дві години активного використання комп'ютера ваше тіло вимагає 15 хвилин для відновлення сил.

Працюючи на комп'ютері, ви повинні робити двох-, трихвилинний перерву принаймні кожні півгодини і враховувати, що відпочинок може приймати безліч форм, як пасивних, так і активних. Щоб допомогти собі розслабитися і розім'яти ділянки свого тіла, взаємодіють з комп'ютером і опорним обладнанням, встановіть розпорядок відновлення сил, що включає потягування, відпочинок для очей, глибоке дихання, раціональне харчування і рясне споживання води.

2. СКЛАДАННЯ ЕРГОНОМІЧНОГО РІВНЯННЯ (кількісний підхід)

2.1. Принципи складання

Практика роботи з ергономічними рівняннями показала, що в загальному випадку принцип їх складання, який реалізує кількісний підхід, має наступну послідовність:

- аналіз конкретної системи «чоловік – людина – середовище» з позицій тієї ергономічної вимоги, яку необхідно реалізувати або дослідити. При цьому уточнюється відповідні компоненти, як вони взаємодіють структурно та функціонально, які риси носять системний характер. Інколи розгляд закінчують аналізом еволюційного (історичного) аспекту;
- вибір показника, який характеризує функціонування СЧМС. Як правило вибирають показник, що носить системний характер (тобто, одночасно враховує роботу людини, застосування конкретних технічних приладів, вплив середовища, яке може бути як зовнішнім по відношенню до СЧМС, так і внутрішнім);
- визначення характеристик, які відображають функціонування конкретних компонентів СЧМС у їх взаємодії;
- обґрунтування припущень, які дозволяють формалізувати математичний опис функціонування конкретних компонентів СЧМС;
- вибір показників для оцінки компонентів СЧМС;
- безпосереднє складання ергономічного рівняння, його аналіз та отримання нових ергономічних рівнянь.

Схематично процес складання ергономічного рівняння, який реалізує кількісний підхід, можна представити наступним чином (див. рис.1):

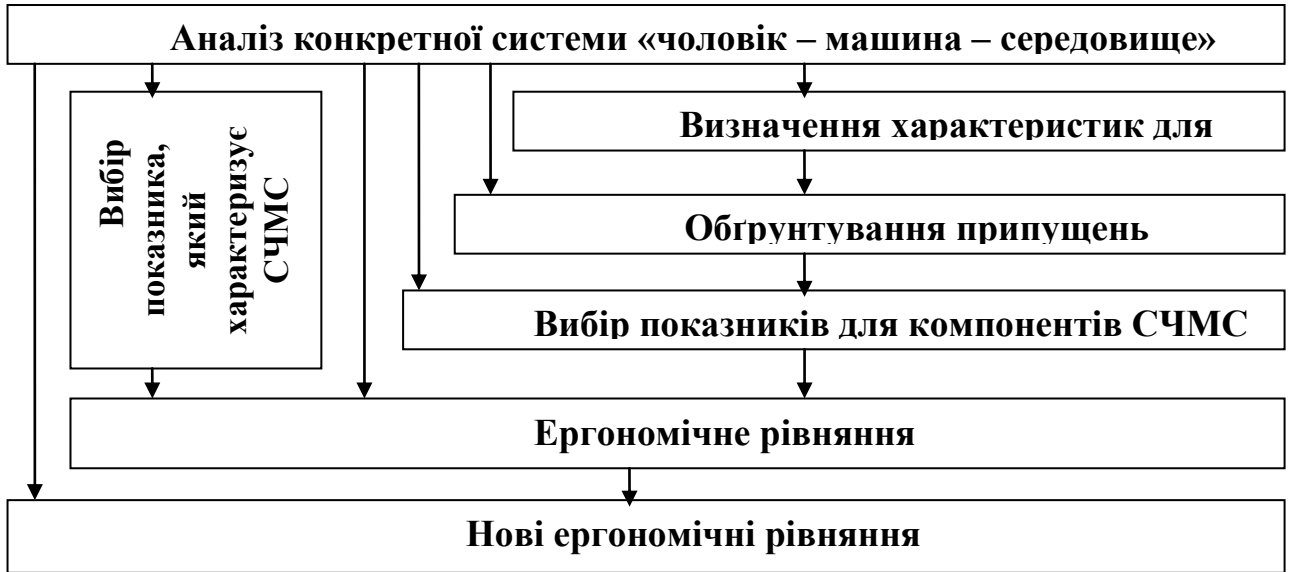


Рис.1 – Процес складання ергономічного рівняння, який реалізує кількісний підхід

2.2. Приклад складання ергономічного рівняння та визначення показника, який характеризує функціонування СЧЛС

У якості приклада розглянемо роботу газодимозахисника в регенеративному дихальному апараті в непридатному для дихання середовищі.

Аналіз системи «газодимозахисник – регенеративний дихальний апарат – навколишнє середовище» показав, що цю систему для визначення закономірностей змінення складу кисню в замкнутій системі РДА–ОД умовно можна розглядати у вигляді, який наведено на рис.2.

Еластичні частини повітропровідної системи РДА (дихальний мішок) і органи дихання (легені) умовно показані у вигляді двох з'єднаних сильфонів (міхів).

Під час виведення рівнянь приймаються наступні припущення:

- об'єм системи РДА–органи дихання (ОД) під час дихання незмінний $V_c = \text{const}$;
- в середині системи відбувається ідеальне перемішування газів;
- надходження до системи газів або газоповітряних сумішей та вилучення їх з неї відбувається безперервно та рівномірно.

Вважається, що в дихальну систему, яка має постійний об'єм V_c (л), подається ω_c (л/хв) вуглекислого газу, що виділяється організмом газодимозахисника, ω_m (л/хв) кисню з балона та підсосується ω_n (л/хв) повітря з навколишнього середовища.

З системи вилучається ω_s (л/хв) кисню, який споживається організмом, ω_y (л/хв) вуглекислого газу, який повністю поглинається в регенеративному

патроні, та ω_r (л/хв) дихальної суміші вилучається в атмосферу через продувочний пристрій.

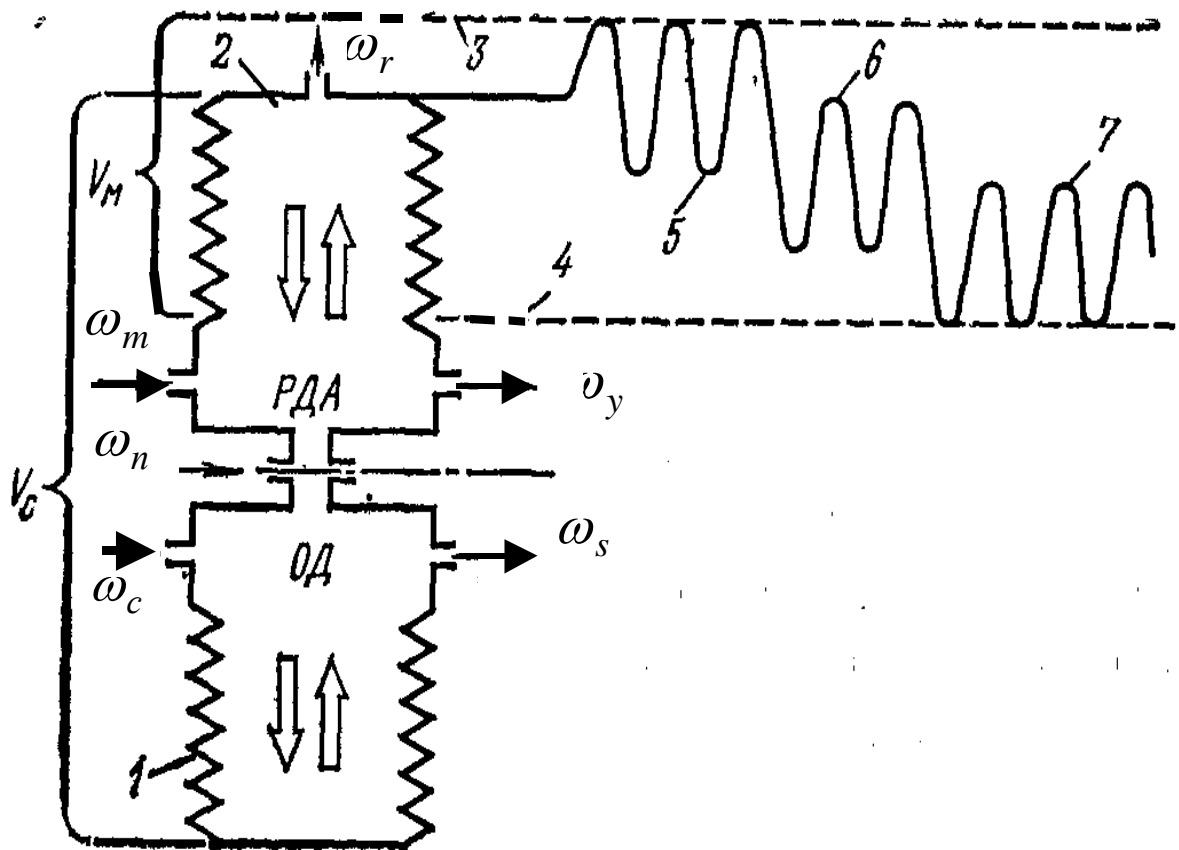


Рис.2 – Схема функціонування системи «газодимозахисник – регенеративний дихальний апарат – навколишнє середовище»

Оскільки $\omega_y = \omega_c$, то рівняння матеріального балансу (яке у випадку, що розглядається, і є початковим ергономічним рівнянням) системи приймає вид:

$$\omega_m + \omega_n = \omega_s + \omega_r. \quad (1)$$

Враховуючи (1) можна отримати інші ергономічні рівняння та дослідити закономірності того як відбувається киснепостачання з урахуванням того що робить газодимозахисник, як працюють системи ізолюючого апарату, які характеристики має навколишнє середовище.

Так, нехай в деякий момент часу доля кисню в системі дорівнює C і, відповідно, кількість кисню $C \cdot V_C$. За відрізок часу dt в систему потрапить $(a\omega_m + b\omega_n)dt$ і вилучається $(\omega_s + C\omega_r)dt$ кисню (a та b – об'ємні доли, відповідно, в балоні та в повітрі, яке підсосується). Це ж змінення кількості кисню може бути виражено як до буток об'єму системи V_C на змінення об'ємної доли $V_C dC$. Таким чином отримано нове ергономічне рівняння:

$$(a\omega_m + b\omega_n - \omega_s - C\omega_r)dt = V_c dC. \quad (2)$$

Проінтегруємо рівняння (2) в границях від начального складу об'ємної долі кисню C_0 до тої об'ємної долі C кисню, яку потрібно знайти, та розв'яжемо відносно останнього. Для цього спочатку позначимо:

$$a\omega_m + b\omega_n - \omega_s = A. \quad (3)$$

Тоді:

$$A dt - \omega_r C dt = V_c dC, \quad (4)$$

або

$$dt = \frac{V_c}{A - \omega_r C} \cdot dC. \quad (5)$$

Оскільки

$$\int_0^t dt = \int_{C_0}^C \frac{V_c}{A - \omega_r C} \cdot dC = -\frac{V_c}{\omega_r} \int_{C_0}^C \frac{d(A - \omega_r C)}{A - \omega_r C}, \quad (6)$$

то

$$t = \frac{C}{C_0} \left| -\frac{V_c}{\omega_r} \ln(A - \omega_r C) = -\frac{V_c}{\omega_r} [\ln(A - \omega_r C) - \ln(A - \omega_r C_0)]. \quad (7)$$

Враховуючи те, що

$$\ln x - \ln y = \ln \frac{x}{y}, \quad (8)$$

маємо

$$-\frac{\omega_r t}{V_c} = \ln \frac{A - \omega_r C}{A - \omega_r C_0}; \quad (9)$$

$$e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}} = \frac{A - \omega_r C}{A - \omega_r C_0}; \quad (10)$$

$$(A - \omega_r C_0) \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}} = A - \omega_r C; \quad (11)$$

$$\omega_r C = A - (A - \omega_r C_0) \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}}; \quad (12)$$

$$C = \frac{A}{\omega_r} - \left(\frac{A}{\omega_r} - C_0 \right) \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}}. \quad (13)$$

В результаті, звернувшись до (13), отримаємо:

$$C = \frac{a\omega_m + b\omega_n - \omega_s}{\omega_r} - \left(\frac{a\omega_m + b\omega_n - \omega_s}{\omega_r} - C_0 \right) \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}}. \quad (14)$$

З рівняння (14) випливає, що другий член правої частини наближається до нуля, а об'ємна доля кисню асимптотично наближається до граничного рівня:

$$C_{гран} = \frac{a\omega_m + b\omega_n - \omega_s}{\omega_r}. \quad (15)$$

З врахуванням цього (14) приймає вид:

$$C = C_{гран} - (C_{гран} - C_0) \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}}. \quad (16)$$

Якщо продиференціювати (16) за часом t , отримаємо наступне нове ергономічне рівняння швидкості змінення об'ємної доли кисню в системі РДА-ОД:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\omega_r (C_{гран} - C_0)}{V_c} \cdot e^{-\frac{\omega_r t}{V_c}}. \quad (17)$$

Аналіз отриманих рівнянь показує, що в загальному випадку за наявності продувки ω_r та підсосів навколишнього повітря ω_n об'ємна доля кисню C наближається до граничного значення $C_{гран}$, рівень якого можна знайти за (15). Якщо в початковий момент t_0 об'ємна доля кисню C_0 менша за граничний рівень $C_{гран}$ (тобто $C_0 < C_{гран}$), то відбувається підвищення складу кисню в системі, якщо ж $C_0 > C_{гран}$ – зменшення. Швидкість змінення складу кисню тим більше, чим його склад в початковий момент часу відрізняється від граничного рівня. Крім того, ця швидкість зростає з підвищенням продувки ω_r та зменшенням місткості системи V_c .

Звідси витікає основна вимога, яка висувається до способу киснепостачання, – гранична об’ємна доля кисню у повітрі РДА повинна бути більше мінімально допустимої долі його у вдихуваному повітрі:

$$C_{гран} \geq C_{доп} = 0.21. \quad (18)$$

Оскільки вимога (18) повинна виконуватись автоматично без свідомого керування людиною режимом роботи РДА, загалом необхідно прийняти граничний рівень $C_{гран} > 0,5$.

Контрольні питання

- Чим відрізняються вербальний та кваліметричний підходи до визначення поняття «ергономічне рівняння»?
- Які складові входять до вербального ергономічного рівняння? Наскільки важливим є послідовність його реалізації?
- Принципи складання кваліметричного ергономічного рівняння
- Математична модель функціонування СЧМ як кваліметричне ергономічне рівняння

Лекція 7. РОБОТА І СТОМЛЕННЯ

1. РОБОТА І ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

1.1. Робота і працездатність: загальні відомості

Робота – це здійснення клітиною, органом, системою органів або організмом властивих їм функцій. Людина розумна виконує, як правило, суспільно корисну роботу. Науково–технічний прогрес змінив характер роботи людини. На зміну важкій фізичній праці прийшла праця розумова. Більшість сучасних робочих виконують завдання, що потребують розпізнавання образів, швидкого отримання та переробки інформації, а також здатності розробляти плани і приймати рішення.

Працездатність – це здатність людини виконувати максимально можливу кількість роботи протягом певного (заданого) часу і з певною ефективністю. Працездатність, подібно до роботи, підрозділяється на розумову і фізичну. Виходячи з наведеного вище визначення, розумова працездатність – це здатність виконувати певну кількість роботи, що вимагає значної активації нервово–психічної сфери; фізична працездатність – це здатність виконувати максимально можливу кількість фізичної роботи за рахунок активації опорно–рухового апарату. Природно, фізична працездатність залежить і від стану нервової системи, що керує опорно–руховим апаратом.

Велика кількість факторів впливає на працездатність людини. Це, в першу чергу, стан його здоров'я, рівень тренуваності, досвід, фізичний і психічний стан, схильність до даної роботи (тобто талант), мотивація до праці і емоції, стан навколишнього середовища, організація праці.

Важливу роль грає оптимальна організація робочого місця, яка дозволяє підтримати необхідне положення тіла і його сегментів для виконання роботи. Виконання роботи вимагає витрат енергії. Загальна потреба в енергії – це сума основного і робочого обміну. Робочий обмін – це витрата енергії для виконання зовнішньої роботи. Загальна потреба в енергії при розумовій праці дорівнює 2500 – 3200 ккал (10 475 – 13 410 кДж), при механізованій праці або легкій немеханізованій роботі – 3200 – 3500 ккал (13 410 – 14 665 кДж), при частково механізованій праці або немеханізованій праці помірної тяжкості – 3500 – 4500 ккал (14 665 – 18 855 кДж), при важкій немеханізованій фізичній праці – 4500 – 5000 ккал (18 855–20 950 кДж).

Розумова робота – це мислення. Розумова робота включає прийом і переробку інформації, її порівняння з інформацією, що зберігається в пам'яті, перетворення інформації, визначення проблем та шляхів їх вирішення, формування мети. Розумова робота тісно пов'язана з членороздільною мовою, тому що людина має справу не з конкретними предметами, явищами або живими організмами, а з визначальними їх символами чи поняттями. Розумова робота включає розумовий і емоційний компоненти. Розумовий компонент пов'язаний з інтелектуальними здібностями людини, він вимагає обдумування, концентрації уваги. Емоційний компонент включає самооцінку людини як

суб'єкта розумової праці, оцінку значущості мети і засобів. Емоційний компонент проявляється чіткими реакціями вегетативної нервової системи та змінами настрою людини, викликаючи виникнення численних емоцій. Емоційні навантаження, нервово–психічне перевантаження викликають стимуляцію симпатичної частини вегетативної нервової системи, що проявляється збільшенням частоти пульсу, хвилинного об'єму серця і дихання, потовиділення.

Фізична робота пов'язана з діяльністю опорно–рухового апарату, основну роль в цьому виконують скелетні м'язи. Якщо завдяки скороченню м'яз змінюється положення частини тіла, то долається сила опору, тобто виконується робота. Робота, при якій сила м'яза поступається дії сили тяжіння і утримуваного вантажу, називається такою що поступається. У цьому випадку м'яз функціонує, однак вона не коротшає, а подовжується, наприклад, коли неможливо підняти або утримати на вазі тіло, що має велику масу. При більшому зусиллі м'язів доводиться опустити це тіло на якусь поверхню. Утримуюча робота виконується, якщо завдяки скороченню м'язів тіло або вантаж утримується в певному положенні без переміщення в просторі, коли, наприклад, людина тримає вантаж, не рухаючись. При цьому м'язи скорочуються ізометрично без зміни їх довжини. Сила скорочення м'язів врівноважує масу тіла і вантажу. Коли м'язи, скорочуючись, переміщують тіло або його частини в просторі, вони виконують долаючу роботу, яка є динамічною. Статичної є утримує робота, при якій не відбувається рухів всього тіла або його частини. При статичній роботі м'язи скорочуються ізометрично. При цьому відстань не долається, але робота здійснюється.

1.2. Фізіологічні зміни в організмі під час роботи

Будь–який вид трудової діяльності являє собою складний комплекс фізіологічних процесів, у який втягуються всі органи й системи людського тіла. Величезну роль у цій діяльності відіграє центральна нервова система, яка забезпечує координацію функціональних змін, що розвиваються в організмі при виконанні роботи. Тобто, трудова діяльність здійснюється завдяки витратам енергії м'язів, нервів, людського мозку.

В результаті складних хіміко–біологічних процесів енергія, що отримується в результаті розщеплення вуглеводів, використовується для виконання механічної роботи. При цьому кількість кисню, що витрачається на окислювальні процеси в м'язах, може почасти служити показником інтенсивності виконуваної фізичної роботи.

Разом з тим існує киснева заборгованість, яка свідчить про відставання споживання кисню під час виконання роботи від потреби в ньому організмі, і її величина визначає час відновлювального періоду, коли фізіологічні функції організму поступово повертаються до робочого рівня.

У процесі фізичної діяльності змінюються не тільки м'язи, але й інші органи і системи організму. Наприклад, збільшується обсяг легеневої вентиляції, що обумовлюється як почастищенням, так і поглибленням дихання, причому у тренуваних осіб переважає поглиблене дихання. Відбуваються зміни

і серцево–судинної системи, де фізичне навантаження викликає зростання хвилинного об'єму внаслідок почастишання скорочень і збільшення ударного об'єму серця. Крім того, м'язова робота викликає, як правило, підвищення верхнього рівня артеріального тиску; нижній же рівень зазвичай зростає лише при порівняно великих фізичних зусиллях.

З біохімічних змін крові звертає на себе увагу динаміка цукрової кривої. При роботах середньої тяжкості рівень цукру в крові дещо підвищується, причому підвищений його вміст зберігається деякий час і протягом відновного періоду.

При значних енергетичних витратах можливі симптоми, які свідчать про нинішньому виснаженні вуглеводних резервів організму або про недостатню їх мобілізацію.

Функціональний стан людини формується і активно перетворюється у діяльності, надаючи при цьому вплив на успішність її виконання. Воно характеризується ступенем актуалізації психофізіологічних ресурсів індивіда, необхідний для виконання поставлених перед ним завдань. Функціональний стан – якісно своєрідна відповідь функціональних систем різних рівнів на зовнішні і внутрішні впливи в процесі діяльності. Стани, яким супроводжують комплекси суб'єктивних переживань, численні: втома, млявість, безсилля – при стомленні; нудьга, апатія, сонливість – при монотонії; тривога, нервозність, переживання небезпеки і страху – при підвищеній емоційній напруженості.

До особливого виду функціонального стану відноситься стомлення, викликане тимчасовим зниженням працездатності під впливом тривалої або інтенсивного навантаження. При цьому працездатність розглядається як потенційна можливість людини виконувати доцільну діяльність на заданому рівні ефективності протягом певного часу, а робоче навантаження – як кількісні характеристики діяльності різних фізіологічних систем або організму в цілому, необхідні для успішного досягнення трудової мети. Навантаження визначається не тільки вимогами діяльності, але і залежить від функціонального стану людини. Розрізняють навантаження:

- 1) розумове, що залежить від складності та кількості проблемних ситуацій;
- 2) фізичне, пов'язане з силою, швидкістю, координованістю і інтенсивністю робочих рухів;
- 3) що залежить від суб'єктивної значущості діяльності для людини.

2. ВТОМЛЕНІСТЬ, ВТОМА, ПЕРЕВТОМА

Будь–яка діяльність, якщо вона оптимальна для організму по інтенсивності і тривалості та проходить у сприятливих виробничих умовах, позитивно впливає на організм і сприяє його удосконалюванню. Ефективність діяльності людини базується на рівні психічної напруги, яка прямо пропорційна складності завдання. Психічна напруга – це фізіологічна реакція організму, яка мобілізує його ресурси (біологічно і соціально корисна реакція). Під впливом психічної напруги змінюються життєво важливі функції організму: обмін речовин, кровообіг, дихання. В поведінці людини спостерігається загальна

зібраність, дії стають більш чіткими, підвищується швидкість рухових реакцій, зростає фізична працездатність. При цьому загострюється сприйняття, прискорюється процес мислення, поліпшується пам'ять, підвищується концентрація уваги. Пристосувальні можливості психічної напруги тим більші, чим вище психічний потенціал особистості. Механізм емоційної стимуляції має фізіологічний бар'єр, за яким настає негативний ефект (поза межна форма психічної напруги). При надмірній інтенсивності чи тривалості робота приводить до розвитку вираженого стомлення, зниження продуктивності, неповного відновлення за період відпочинку. Стомлення – загальний фізіологічний процес, яким супроводжуються усі види активної діяльності людини. З біологічної точки зору стомлення – це тимчасове погіршення функціонального стану організму людини, що виявляється в змінах фізіологічних функцій і є захисною реакцією організму. Воно спрямоване проти виснаження функціонального потенціалу центральної нервової системи і характеризується розвитком гальмівних процесів у корі головного мозку.

Втома – це сукупність тимчасових змін у фізіологічному та психологічному стані людини, які з'являються внаслідок напруженої чи тривалої праці і призводять до погіршення її кількісних і якісних показників, нещасних випадків. Втома буває загальною, локальною, розумовою, зоровою, м'язовою та ін. Оскільки організм – єдине ціле, то межа між цими видами втоми умовна і нечітка.

Хід збільшення втоми та її кінцева величина залежать від індивідуальних особливостей працюючого, трудового режиму, умов виробничого середовища тощо.

Залежно від характеру вихідного функціонального стану працівника втома може досягати різної глибини, переходити у хронічну втому або перевтому. Перевтома – це сукупність стійких несприятливих для здоров'я працівників функціональних порушень в організмі, які виникають внаслідок накопичення втоми.

Основною відмінністю втоми від перевтоми є зворотність зрушень при втомі і неповна зворотність їх при перевтомі.

Поза межні форми психічної напруги викликають дезінтеграцію психічної діяльності різної виразності. При цьому втрачається жвавість і координація рухів, знижується швидкість відповідних реакцій (гальмівний тип), з'являються непродуктивні форми поведіння – гіперактивність, тремтіння рук, запальність, невластива різкість та ін. (збудливий тип). Обидва типи поза межної напруги супроводжуються вираженими вегетативно-судинними змінами (блідість обличчя, краплі поту, прискорений пульс). До суб'єктивних ознак перевтоми відноситься почуття втоми, бажання знизити ритм роботи чи припинити її, почуття слабості в кінцівках. Важке стомлення – крайній варіант фізіологічного стану, що граничить з патологічними формами реакції. При перевтомі порушуються відновні процеси в організмі. Прикмети втоми не зникають до початку роботи наступного дня. При наявності хронічної перевтоми часто зменшується маса тіла, змінюються показники серцево-судинної системи, знижується опір організму до інфекції і т. ін.

Відомо, що розвиток втоми та перевтоми веде до порушення координації рухів, зорових розладів, неувважності, втрати пильності та контролю реальної ситуації. При цьому працівник порушує вимоги технологічних інструкцій, припускається помилок та неузгодженості в роботі; у нього знижується відчуття небезпеки. Крім того, перевтома супроводжується хронічною гіпоксією (кисневою недостатністю), порушенням нервової діяльності.

Проявами перевтоми є головний біль, підвищена стомлюваність, дратівливість, нервозність, порушення сну, а також такі захворювання як вегето–судинна дистонія, артеріальна гіпертонія, виразкова хвороба, ішемічна хвороба серця, інші професійні захворювання.

Втома характеризується фізіологічними та психічними показниками її розвитку. Фізіологічними показниками розвитку втоми є артеріальний кров'яний тиск, частота пульсу, систолічний і хвилинний об'єм крові, зміни у складі крові.

Психічними показниками розвитку втоми є: погіршення сприйняття подразників, внаслідок чого працівник окремі подразники зовсім не сприймає, а інші сприймає із запізненням; зменшення здатності концентрувати увагу, свідомо її регулювати; посилення мимовільної уваги до побічних подразників, які відволікають працівника від трудового процесу; погіршення запам'ятовування та труднощі пригадування інформації, що знижує ефективність професійних знань; сповільнення процесів мислення, втрата їх гнучкості, широти, глибини і критичності; підвищення дратівливості, поява депресивних станів; порушення сенсомоторної координації, збільшення часу реакцій на подразники; зміни частоти слуху, зору.

Характер втоми залежить від виду трудової діяльності тому, що функціональні зміни в організмі при втомі переважно локалізуються в тих ланках організму, які несуть найбільше навантаження. На основі цього *втома поділяється на фізичну та розумову* за співвідношенням глибини функціональних змін у різних аналізаторах, фізіологічних системах, відділах центральної нервової системи тощо.

Як зазначено вище, особливістю фізичної праці є те, що вона викликає фізичне напруження організму при виконанні роботи. При сильному напруженні продовження роботи стає неможливим і виконання її автоматично припиняється, а організм одразу переходить у фазу відновлення працездатності. Відновлення сил відбувається інтенсивно і у порівняно короткий період. Тому втому можна розглядати як сформоване в ході еволюції біологічне пристосування організму до навантажень. Однак, залежно від важкості роботи потрібен певний час на відпочинок.

Помірна розумова праця може виконуватися досить довго. Розумова праця не має чітких меж між напруженням організму під час роботи і переходом у фазу відновлення сил. Втома при розумовій праці виявляється в нервовому напруженні, зниженні концентрації уваги і зменшенні свідомого її регулювання, погіршенні оперативної пам'яті і логічного мислення, сповільненні реакцій на подразники. Нервово напруження впливає на серцево–судинну систему, збільшуючи артеріальний тиск і частоту пульсу, а також на терморегуляцію організму та емоційні стани працівника.

Відновлювальні процеси після розумової праці відбуваються повільніше, ніж після фізичної праці. Несприятливі порушення в організмі працівника часто не ліквідуються повністю, а акумулюються, переходячи в хронічну втому, або перевтому та різні захворювання. Найбільш поширеними захворюваннями працівників розумової праці є неврози, гіпертонії, атеросклерози, виразкові хвороби, інфаркти та інсульты.

Втома породжує у працівника стан, який призводить до помилок в роботі, небезпечних ситуацій і нещасних випадків. Вчені наводять дані, які вказують, що кожному четвертому нещасному випадку передувала явно виражена втома.

Але, як зазначалося раніше, виробнича втома, як наслідок впливу на організм працівника трудових навантажень і умов виробничого середовища, відіграє, в першу чергу, захисну роль і стимулює відновлювальні процеси. Тому заходи по запобіганню втоми ні в якому разі не мають за мету ліквідувати це явище. Вони спрямовуються на віддалення в часі розвитку втоми, недопущення глибоких стадій втоми і перевтоми працівників, прискорення відновлення сил і працездатності.

Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо). Особливу роль у запобіганні втоми працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці і відпочинку тощо.

Для профілактики втоми працівників застосовуються і специфічні методи. Фізіологи обґрунтували умови підвищення працездатності, що сприяють ефективному попередженню стомлення:

- у будь-яку роботу потрібно входити поступово;
- умовою успішної працездатності є розміреність і ритмічність;
- звичність, послідовність і плановість;
- недбалість і квапливість у праці не припустима;
- фізіологічно обґрунтоване чергування праці і відпочинку, а також зміна форм діяльності (найбільш ефективним є відпочинок, зв'язаний з активним діяльним станом);
- сприятливе відношення суспільства до праці (мотивація праці і соціальні умови).

Крім терміну «Втома» застосовують і термін «Синдром хронічної втоми (СХВ)» – захворювання, що одержали найбільше поширення у цивілізованих країнах. Захворювання характеризується тривалою втомою, яка не усувається навіть після тривалого відпочинку. Виникнення СХВ пов'язане з розвитком неврозу центральних регуляторних центрів вегетативної нервової системи та обумовлене пригніченням діяльності зони, що відповідає за гальмівні процеси. Провокуючими факторами захворювання є незбалансоване емоційно-інтелектуальне навантаження на шкідливі чинники фізичної діяльності.

Контрольні питання

- Робота і працездатність: загальні відомості.
- Фізіологічні зміни в організмі під час роботи.
- Чим відрізняються поняття «Втомленість», «Втома», «Перевтома»?
- Які умови, що сприяють попередженню стомлення?

Лекція 8. МЕТОДИ ПРОФІЛАКТИКИ ВТОМЛЕНОСТІ

1. РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЙ В СЛМС

Щоб визначити оптимальну структуру системи управління, ергономіка виконує аналіз функцій людини в системах управління. Такий аналіз дозволяє порівнювати можливості людини й машини. Людина має переважні можливості в порівнянні з машиною в наступному. Вона розпізнає ситуацію в цілому при неповній інформації про неї, здатна реагувати на непередбачені малоймовірні події, може враховувати минулий досвід і міняти спосіб дій, проявляє оригінальність у вирішенні проблем.

До переваг машини відносяться: швидка реакція на сигнал; обробка великого потоку інформації в короткий проміжок часу; висока швидкість і точність складних обчислень; одночасне виконання різноманітних дій; здатність протягом тривалого часу швидко і точно повторювати одноманітні операції; плавний і точний додаток великих зусиль; дію в умовах шкідливих або взагалі нестерпних для чоловіка; зберігання в пам'яті великого обсягу однорідної інформації з подальшим використанням її при машинних розрахунках або для швидкої видачі її за запитом оператора.

При визначенні функцій людини в системі управління за ним закріплюється рішення творчих завдань, які сприяють найбільшій задоволеності оператора працею. Всі одноманітні, нетворчі завдання, що легко піддаються алгоритмізації, доручаються машині.

Розподілу функцій між людиною і машиною передують:

- 1) аналіз можливостей і обмежень як людини, так і машини при виконанні ними функцій в робочій системі;
- 2) вибір між людиною і машиною щодо виконуваних функцій;
- 3) оптимізація співвідношення між функціями людини і машинними функціями.

Вихідними даними для розподілу функцій є призначення робочої системи та умови її функціонування. Нерідко системи повинні виконувати завдання, що конкурують між собою. У цих випадках знаходження компромісу представляє попередню умову розподілу функцій. Одні функції передаються людині, інші – технічному засобу та/або програмному забезпеченню, але найчастіше вони виконуються ними спільно. В останньому випадку функції повинні бути не просто передані одному або іншому, а розділені між людиною і машиною. Вимоги до виконання людиною своїх функцій залежать від рівня автоматизації системи.

Розподіл функцій визначає якість не тільки функціонування робочої системи, але і робочого життя людей. В ідеалі людині повинні бути відведені тільки ті функції, виконання яких позитивно впливає на її здоров'я, благополуччя та безпеку. Всі інші повинні бути передані машині. Розподіл функцій визнається в ергономіці задовільним, якщо робоче навантаження людини допустиме (близьке до оптимального), а робота осмислена, мотивована, приносить задоволення.

Під час цієї роботи неминуче виникають питання про те, який обсяг інформації людина здатна прийняти за одиницю часу, яка найкраща форма подачі інформації людині в конкретній системі, якими порціями слід подавати інформацію, щоб забезпечити нормальний хід роботи. Повний час затримки сигналу оператором залежить від виду аналізатора і тривалості відповідного латентного періоду (часу від моменту появи сигналу середньої інтенсивності до відповіді на нього дією).

Латентні періоди оператора, с

Вид аналізатора

Зір (світло).....	0,15–0,22
Слух (звук).....	0,12–0,18
Дотик	0,09–0,22
Нюх (запах).....	0,31–0,39

2. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧИХ ЗАВДАНЬ

Робочі завдання і дії людини з виробничим устаткуванням складають основний зміст проектування робочих систем, включаючи і проектування взаємозалежної групової діяльності. Мета аналізу і проектування завдань – створення основи інтеграції людини і машини в єдину систему.

Будь-яку доцільну дію представляє рішення конкретної задачі, що має сенс для виконувача його людини. Визначальними для проектування робочих завдань служать мета і результат діяльності. Від чіткості формулювання мети, її характеру, ступеня суб'єктивної усвідомленості, особистої значущості залежать функціональні й емоційні компоненти діяльності та психофізіологічний стан працюючих людей. Мета виконуваної людиною роботи та її місце в структурі спільної з іншими людьми діяльності задають ступінь відповідальності за результати праці, що регламентується як системою соціально-економічних нормативів, так і суб'єктивними критеріями працюючого. При підвищеного ступеня особистісної відповідальності можливе виникнення емоційної напруженості, тривоги, що негативно впливає на діяльність і здоров'я людини.

Зміст мети, що конкретизується в системі завдань, різноманітності останніх, можливості вибору і зміни способів дії та міра відповідальності за результат діяльності відносяться до чинників, що створюють передумови для розвитку особистості в трудовому процесі. Проектувальнику важливо визначити, що саме робить роботу змістовною і цікавою для людини, і на цій основі будувати кожну робочу завдання та діяльність, відповідальність за виконання яких покладається на людину. До тих пір, поки завдання не є "виклик" працюючій людині, він не стане використовувати ні своєї гнучкості, ні своєї здатності міркувати, він не стане навчатися або брати на себе відповідальність, не буде ефективно втручатися у функціонування робочої системи. Мотивація, задіючи потенційні можливості людини, повинна бути укладена в самій задачі. Проектуючи ж робочі системи так, щоб людина робила якнайменше, ми тим самим виключаємо і всякий інтерес до роботи.

Не слід, однак, випустити з уваги, що є чимало людей, що виконують монотонну роботу в нав'язаному темпі більш охоче, ніж ту, де треба самому

проявляти ініціативу і активність. Сучасна людина все ще піддається спокусі втратити свободу, "перетворившись на маленький гвинтик машини: не у вільній людині, а в добре нагодованій і добре одягнений автомат". У сучасному виробництві є чимало видів робіт, для яких іноді спеціально відбирають людей, які мають подібну схильність.

При проектуванні робочих завдань і дій щодо їх виконання важливе значення набуває положення про те, що трудова діяльність не зводиться до сукупності суто механічних операцій, що вона являє собою форму реалізації та розвитку цілого спектру здібностей людини як особистості. Саме така трудова діяльність стає об'єктом не тільки вивчення, але і проектування. Для проектування дійсно цілісної діяльності необхідно вийти за межі її поопераційного, алгоритмічного, у відомому сенсі узкотехнологічного розуміння, в сферу психології свідомості та особистості індивіда, в сферу мотивів, відносин, інтересів, емоцій, установок, у сферу спільної, кооперативно – розподіленої діяльності людей.

Дія одночасно є доцільною і предметною. У дії суб'єкт, рух і предмет замикаються в єдине психофізіологічне і психофізичне утворення. Для того, щоб стати керованою, дія повинна бути відчутною. Процеси побудови дії і керувати нею засновані на двох видах чутливості: чутливості до ситуації і чутливості до виконання. Експериментальні дослідження показали, що чергування обох форм чутливості відбувається кілька разів на секунду з інтервалом 125–250 мс. І це не просто свідчення про зворотні зв'язки, за допомогою яких надходить інформація про міру відповідності дії до програми, що її ініціювала. Показання обох форм чутливості повинні бути зіставлені одна з одною і з руховим завданням, що стоїть перед суб'єктом.

Проектуючи способи виконання робочих завдань, важливо мати на увазі, що дія внутрішньо ритмічно, і цей ритм складає його внутрішню, суб'єктивну картину. Чим закінчуються зусилля весляра, його напружена робота з веслами? Тим, що якийсь час човен йде сама, тобто "дією" самого човна. "Ця дія" самого човна є умова "попадання" весляра в стан руху поза власним зусилля. І тільки тепер йому відкривається образ руху та його простір (водоймище, береги і т. д.), він може помітити й оцінити зміни в ситуації (наприклад, що піднялася хвилю або яку–небудь перешкоду), а помітивши ці зміни, спланувати або скорегувати наступний гребок і перейти до наступного зусилля. Така природа всіх так званих інструментальних (та й інших) навичок, тобто дій, при яких інструмент "працює" як би сам, своєю силою, чітко здійснює свою дію, а не "логіку руки" діючого.

Проектування робочих завдань і діяльності обумовлює формування функціонального стану людини і рівень напруженості діяльності, динаміку станів працездатності.

Проектування робочих завдань виходить на те, що Г. Сельє вже в 1935 р. визначив як "емоційний стрес": "Чинники, що викликають стрес – стресори – різні, але вони пускають в хід однакову по суті біологічну реакцію стресу ... Стрес є неспецифічна відповідь організму на будь–яке пред'явлення йому вимоги".

З погляду стресової реакції не має значення, приємна чи неприємна ситуація, з якою ми зіткнулися. Важлива лише інтенсивність в перебудові або в адаптації. Мати, яку повідомили про загибель у бою її єдиного сина, відчуває страшне душевне потрясіння. Якщо через багато років виявиться, що повідомлення було хибним, і син несподівано увійде до кімнати цілим і неушкодженим, вона відчує найсильнішу радість. Специфічні результати двох подій – горе і радість – абсолютно різні, навіть протилежні, але їх стрессорне дію – неспецифічне вимога пристосування до нової ситуації – може бути однаковим.

Не будь-яке перенапруження веде до порушення нервової діяльності і керованих нею систем і органів. Г. Сельє називав стрес гострою і необхідною приправою до життя. Стрес піднімає рівень неспання, активізує м'язову і психічну активність. "Небезпека не перевантаження, не діяльність, не збудження або навіть негативні емоції самі по собі. Небезпечно систематичне перевищення можливостей, закладених у механізмах саморегуляції".

Проблема стресу настільки складна, що і до цього дня ведуться дискусії про підходи до його визначення і відповідно методи його вивчення. Виділяють три основні визначення, чи моделі, стресу. По першому стрес розглядається як реакція або цілісна структура реакцій людини, тобто він виступає як залежна змінна. Другий підхід трактує стрес як незалежну змінну або зовнішній стимул. У третьому підході стрес розглядається як динамічний психофізіологічний процес взаємодії зовнішнього стимулу і відповіді на нього. У сучасних моделях підкреслюється ключова роль невідповідності між вимогами, що пред'являються до людини, і його можливостями впоратися з ними. По всій видимості, це саме ті напрямки, по яких будуть розвиватися в майбутньому перспективні підходи до аналізу стресу. Для проектування робочих систем важливо знати, чи відбувається погіршення діяльності як реакція на стрес. Вирішення цієї проблеми пов'язане з певними складнощами. По-перше, багато стресори (наприклад, шум) призводять до неоднозначних ефектів – підвищення, зниження рівня виконання діяльності або не надають відчутного впливу на неї. Характер змін обумовлюється типом завдання, тимчасовими та індивідуальними факторами. По-друге, в силу значних індивідуальних і особистісних відмінностей вельми сумнівним видається визначати стрес в якості головної причини погіршення виконання діяльності. По-третє, оцінювати виконання діяльності можна по-різному.

Розвиток теорії та практики проектування робочих завдань дозволило сформулювати ряд практичних рекомендацій. *Ергономічно спроектовані завдання повинні:*

- 1) полегшувати їх виконання;
- 2) сприяти збереженню здоров'я і забезпечувати безпеку працюючих людей;
- 3) створювати передумови для розвитку вмінь та здібностей;
- 4) сприяти благополуччю працюючих людей.

При проектуванні завдань слід уникати:

1) надмірних або занадто малих робочих навантажень, що ведуть до невинновданого або надмірного напруження і стомлення, до помилок або нудьгу;

2) надмірну повторюваності в діях людини, що приводить до монотонності, пересичення або нудьги і до незадоволення роботою;

3) надмірної швидкості виконання завдання;

4) роботи в повній самоті без будь-якої можливості соціальних контактів.

У міжнародному стандарті визначені *характеристики добре спроектованих завдань*, які повинні:

◆ спиратися на досвід і здібності конкретних груп працюючих людей;

◆ забезпечувати використання великого числа умінь, здібностей і різноманітності видів діяльності;

◆ передбачати, щоб виконувані завдання представляли цілісні одиниці роботи, а не її фрагменти;

◆ гарантувати, що завдання і діяльність по їх виконанню вносять істотний внесок у функціонування робочої системи і що працююча людина це усвідомлює;

◆ передбачати певну свободу вибору працюючій людині в прийнятті рішень, темпу і способу виконання роботи;

◆ забезпечувати достатню зворотний зв'язок мовою, зрозумілою працюючій людині;

◆ створювати умови для розвитку наявних навичок та придбання нових.

Ергономічне проектування завдань і діяльності людини стикається з проблемами принципового характеру. При проектуванні робочих систем необхідно точно розрізняти формалізуються і формалізації компоненти діяльності. Це важке завдання пошуку закономірностей постійної зміни співвідношення цих компонентів при створенні і введенні все нових і нових робочих систем. Складність проектування робочих завдань і людської діяльності пов'язана і з тим, що важко і не завжди можливо прогнозувати поведінку і потенційні можливості людей, особливо в нестандартних ситуаціях. Є й інші труднощі. Однак, поки ведуться міркування про складності проектування завдань і людської діяльності, інженери і проектувальники практично його здійснюють, хоча і не завжди найкращим чином, а часто на шкоду людині і суспільству.

3. ПРОЕКТУВАННЯ РОБІТ

Відповідно до стандарту "Ергономічні принципи проектування робочих систем" проектування робіт – це організація і визначення послідовності в часі і просторі окремих робочих завдань. У вузькому значенні робота є одноразове завдання. В іншому вживанні робота означає специфічний набір завдань, що виконуються людиною. У широкому сенсі робота – це роль людини в організації, включаючи просування по службі. Проектування роботи пов'язане з прийняттям чотирьох основних рішень:

1) які завдання будуть виконуватися в робочій системі людьми;

2) як ці завдання будуть групуватися між собою і доручатися людям;

3) як люди будуть пов'язані один з одним для того, щоб їхня робота була скоординована;

4) як вони будуть винагороджуватися за їх діяльність в організації.

Всі ці рішення повинні включати вимоги організації виробничої системи, мікросоціуму і сукупності індивідуальностей. Цю сферу проектування умовно можна співвіднести з тим, що в СРСР називалося науковою організацією праці. Щоб встановити, наскільки правомірно таке співвідношення, потрібен спеціальний аналіз і проводити його слід не в рамках ергономіки.

Ергономіст приймає участь у проектуванні роботи, оскільки проект повинен відповідати як організаційним і індивідуальним, так і виробничим вимогам. У змістовному відношенні предметом його професійних інтересів найчастіше є: 1) філософія і критерії проектування роботи, 2) аналіз технічних і організаційних завдань; 3) розробка не одного, а кількох альтернативних проектів; 4) оцінка потенційної вартості, достоїнств і недоліків кожного з альтернативних проектів.

При проектуванні роботи береться до уваги, що люди відрізняються один від одного рівнем освіти, досвідом, творчими здібностями, інтересами. Розрізняються вони і по багатьох вимірах: росту, силі, навичкам і т. д. Крім того, їх індивідуальні трудові дії і відносини змінюються день у день залежно від самопочуття, настрою, контактів з іншими людьми і т. д.

Сформульовано шість критеріїв проектування роботи:

Критерій 1. Безпека перш за все. Неприйнятний будь-який проект, що піддає небезпеці життя працюючої людини або його здоров'я. На першому місці при проектуванні варто забезпечення безпеки, потім зручності роботи і комфорт працюючої людини. Після цього розглядаються і більш високі потреби людини.

Критерій 2. Машина повинна бути "дружньої користувачеві", пристосованої до людини, а не навпаки. Якщо система функціонує не цілком добре, слід перепроєктувати машину або процедур, а не звинувачувати працюючої людини.

Критерій 3. Необхідно зводити до мінімуму в проекті різного роду виключення, створюючи умови, при яких, по можливості, кожна людина могла б використовувати дану машину або виконати процедуру. Стать, вік, сила і т. п. не повинні виключати для людини можливість участі в роботі або інших видах діяльності.

Критерій 4. Проектувати роботу слід так, щоб людина була більше пов'язана з інтелектуальною та соціальною діяльністю. Фізичну або канцелярську роботу можуть виконувати машини.

Критерій 5. Створюючи найкращі умови для взаємодії людини і машини, спілкування користувача з комп'ютером, необхідно особливу увагу приділяти спілкуванню працюючих людей, що дозволить підвищити ефективність роботи і, що, можливо, ще важливіше, – знизити кількість помилок.

Критерій 6. Машини слід використовувати для підвищення продуктивності праці людини.

При проектуванні роботи рекомендується:

- а) доручати одному працівнику кілька послідовних операцій, які відносяться до однієї і тієї ж робочої функції (розширення роботи);
- б) доручати одному працівнику кілька послідовних операцій, які відносяться до різних робочих функцій. Наприклад, виконання складальної операції, перевірка якості, усунення дефектів (збагачення роботи);
- в) передбачати зміну виду діяльності. Наприклад, ротація серед працівників складальної лінії або серед членів бригади, деякою автономної групи;
- г) передбачати необхідні і можливі перерви.

При користуванні вказаними рекомендаціями особливу увагу слід звернути на відмінності в працездатності в денний і нічний час, на відмінності в працездатності у різних працівників, на зміну працездатності з віком, а також і на індивідуальні особливості.

До змістовних аспектів проектування роботи відносяться:

- ✓ її привабливість і свідомість;
- ✓ створення умов для навчання, для чого потрібні критерії оцінки виконання діяльності та зворотній зв'язок;
- ✓ певна свобода у прийнятті рішень, що включає свободу дій і суджень та оцінювання їх на основі об'єктивних результатів;
- ✓ соціальна підтримка на робочому місці – наявність тих, на чию допомогу і розуміння можна розраховувати;
- ✓ визнання внеску кожної працюючої людини;
- ✓ зв'язок трудової ролі людини з його життям поза роботою;
- ✓ сприятливі перспективи – просування по службі, відсутність тупикових ситуацій;
- ✓ відповідність можливостей вибору роботи індивідуальних розходжень і обставин.

Проектування роботи найбільш ефективно, коли воно виконується на макроергономіческом рівні. Крім того, бажано, щоб працюючі люди знали, які види робіт слідує за тими процесами, в які вони залучені. Це важливо для розуміння ними ролі і функцій інших працівників і кращого усвідомлення тих обмежень і навантажень, в умовах яких вони працюють.

Соціальні, культурні та етнічні фактори можуть впливати на прийнятність роботи та її організацію. Це можуть бути самі різні впливи, які включають такі моменти, як вимоги до одягу, використовувані речовини (наприклад, тваринного походження) або години і дні роботи. Такі моменти слід враховувати при кожній нагоді. Соціальні та сімейні підвалини також можуть впливати на якість виконання робочих функцій. Наприклад, заглибленість в сімейні проблеми може розсіювати увагу, привертаючи до помилкових дій. Один із шляхів поліпшення в цьому напрямку – проектувати робочі місця так, щоб мінімізувати можливі людські помилки. У випадку, коли концентрація уваги дуже суттєва, – забезпечити додаткову соціальну підтримку.

4. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ І РОБОЧОГО МІСЦЯ

Трудова активність людини багато в чому визначається умовами, в яких він працює. До них насамперед належать робочий простір і робоче місце.

Якщо аналіз системи починається з загальних питань, які поступово звужуються, поки не досягнуть рівня окремого робочого місця, то аналіз робочого місця, навпаки, все більш розширюється, охоплюючи нові сфери – від людини до виробничого обладнання, робочого простору і середовищі, але людина при цьому завжди залишається в центрі уваги як еталонна база. Таким чином, аналіз відображає ситуацію так, як людина сама її сприймає і усвідомлює. Англійські вчені звертають увагу на те, що ця концепція настільки проста і очевидна, що інженери–проектувальники й інші фахівці іноді піддають сумніву доцільність виділення саме цього аспекту до тих пір, поки їм не поставлять запитання: як часто їм самим вдається досягти переорієнтації мислення, необхідної для такого погляду на ситуацію при проектних дослідженнях і рішеннях? Інженери визнають, що не часто ставлять себе на місце токаря біля верстата в кінці нічної зміни.

Проектування робочого простору, незважаючи на певні труднощі, слід починати до прийняття інженерних і виробничих рішень, що обмежують число варіантів планувань, відповідно до яких може бути встановлене обладнання, і до того, як приступлять до підготовки креслень загальних видів. Якщо проектна група не вивчить вимоги працюючих людей на самому початку і не відмовиться від традиційної практики розробки нового обладнання та проектування робочого простору, то навряд чи можна розраховувати на які–небудь радикальні удосконалення. Буде закрыта дорога не лише до удосконалень, можливі навіть рішення робочого простору і робочого місця, які призведуть до негативних наслідків для працюючих людей.

Ергономічне проектування робочих просторів і робочих місць проводиться для конкретних робочих завдань і видів діяльності з урахуванням антропологічних, біомеханічних, психофізіологічних і психічних можливостей і особливостей працюючих людей. Воно має створити найкращі умови для:

- ◆ розміщення працюючої людини з урахуванням робочих рухів і переміщень відповідно до вимог технологічного процесу;
- ◆ виконання основних і допоміжних операцій в зручному робочому положенні, відповідному специфіці трудового процесу, і з застосуванням найбільш ефективних прийомів праці;
- ◆ розташування засобів управління в межах максимальних і мінімальних меж простору рухів людини (по ширині, глибині і висоті);
- ◆ оптимального огляду джерел візуальної інформації, зміни робочої пози і робочого положення;
- ◆ вільного доступу до місць профілактичних оглядів, ремонту та налагодження, зручності їх виконання;
- ◆ раціонального розміщення робочого обладнання, безпеки працюючих.

Розміри проходів між елементами робочого місця розраховуються залежно від частоти їх використання і числа працюючих людей, раціональних маршрутів їх руху, необхідних розмірів транспортних проїздів, вимог техніки безпеки та санітарно–гігієнічних норм. Розміри транспортних проїздів повинні

бути не менше ширини транспортного засобу плюс простір, який займає тіло людини в спецодяжі, що стоїть.

5. ПОБУДОВА РЕЖИМІВ ПРАЦІ ТА ВІДПОЧИНКУ

5.1. Режими праці та відпочинку

В процесі праці працездатність, тобто здатність людини до трудової діяльності певного роду, а відповідно, і функціональний стан організму зазнають змін. Підтримка працездатності на оптимальному рівні – основна мета раціонального режиму праці та відпочинку.

Режим праці та відпочинку – це встановлені для кожного виду робіт порядок чергування періодів роботи і відпочинку та їх тривалість. Раціональний режим – таке співвідношення та зміст періодів роботи та відпочинку, в яких висока продуктивність праці сполучається з високою і стійкою працездатністю людини без ознак надмірного стомлення протягом тривалого часу. Таке чергування періодів праці та відпочинку дотримується в різні відрізки часу: протягом робочої зміни, доби, тижня, року відповідно до режиму роботи підприємства.

Один з основних питань встановлення раціональних режимів праці та відпочинку – це виявлення **принципів їх розробки**. Таких принципів три:

- задоволення потреби виробництва;
- забезпечення найбільшої працездатності людини;
- поєднання громадських і особистих інтересів.

Перший принцип полягає в тому, що при виборі оптимального режиму праці й відпочинку потрібно визначити такі параметри, які сприяють кращому використанню виробничих фондів і забезпечують найбільшу ефективність виробництва. Режими праці та відпочинку будуються стосовно до найбільш раціонального виробничого режиму, з тим щоб забезпечити нормальний перебіг технологічного процесу, виконання заданих обсягів виробництва, якісне та своєчасне проведення планово–профілактичного ремонту та огляду обладнання при скороченні його простоїв у робочий час.

Другий принцип говорить, що не можна будувати режими праці та відпочинку без обліку працездатності людини та об'єктивної потреби організму у відпочинку в окремі періоди його трудової діяльності. З метою обліку фізіологічних можливостей людини (в рамках встановлених законом приписів з охорони праці та тривалості робочого часу) слід розробляти такий порядок чергування часу праці та відпочинку, визначати таку їхню тривалість, які забезпечували б найбільшу працездатність і продуктивність праці.

Третій принцип передбачає, що режим праці та відпочинку повинен бути орієнтованим на облік про забезпечення певною мірою задоволення особистих інтересів трудящих і окремих категорій працівників (жінок, молоді, учнів і т.д.).

У зв'язку з цим слід зазначити, що науково обґрунтованим режимом праці та відпочинку на підприємствах є такий режим, який найкращим чином забезпечує одночасне поєднання підвищення працездатності і продуктивності

праці, збереження здоров'я трудящих, створення сприятливих умов для всебічного розвитку людини.

5.2. Фізіологічні основи побудови режимів

Розробка режиму праці та відпочинку заснована на вирішенні наступних питань: коли повинні починатися перерви й скільки, якої тривалості повинна бути кожна; який зміст відпочинку.

Динаміка працездатності людини – це наукова основа розробки раціонального режиму праці та відпочинку. Фізіологами встановлено, що працездатність – величина змінна і пов'язане це зі змінами характеру протікання фізіологічних і психологічних функцій в організмі. Висока працездатність при будь-якому виді діяльності забезпечується тільки в тому випадку, коли трудовий ритм співпадає із природною періодичністю добового ритму фізіологічних функцій організму. У зв'язку зі сталою добовою періодикою життєдіяльності в різні відрізки часу організм людини неоднаково реагує на фізичне й нервово-психічне навантаження, його працездатність і продуктивність праці протягом доби схильні певним коливанням. Відповідно до добового циклу найвищий рівень працездатності відзначається в ранкові та денні години – з 8 до 20 годин. Мінімальна працездатність – в нічні години. Особливо несприятливий проміжок від 1 до 3 – 4 години ночі.

Працездатність людини протягом робочої зміни характеризується фазним розвитком. Основними фазами є:

- Фаза впрацьовування, або наростаючої працездатності. Протягом цього періоду відбувається перебудова фізіологічних функцій від попереднього виду діяльності людини до виробничої. Залежно від характеру праці та індивідуальних особливостей ця фаза триває від декількох хвилин до 1,5 години.
- Фаза стійкої високої працездатності. Для неї характерно, що в організмі людини встановлюється відносна стабільність або навіть деяке зниження напруженості фізіологічних функцій. Цей стан сполучається з високими трудовими показниками (збільшення виробітку, зменшення браку, зниження витрат робочого часу на виконання операцій, скорочення простоїв устаткування, помилкових дій). Залежно від ступеня важкості праці фаза стійкої працездатності може утримуватися протягом 2 – 2,5 і більше годин.
- Фаза розвитку втоми і пов'язаного з цим падіння працездатності триває від декількох хвилин до 1 – 1,5 години і характеризується погіршенням функціонального стану організму і техніко-економічних показників його трудової діяльності.

Динаміка працездатності людини за зміну, графічно являє собою криву, що наростає в перші години, що проходить потім на досягнутому високому рівні і убуваючу до обідньої перерви. Описані фази працездатності повторюються і після обіду. При цьому фаза впрацьовування протікає швидше, а фаза стійкої працездатності нижче за рівнем і менш тривала, ніж до обіду. У

другій половині зміни зниження працездатності настає раніше й розвивається сильніше в зв'язку з більш глибокою втомою.

Для динаміки працездатності людини протягом доби характерна та ж закономірність, що й для працездатності протягом зміни. В різний час доби організм людини по різному реагує на фізичне й нервово–психічне навантаження. Відповідно до добового циклу працездатності, найвищий її рівень відзначається в ранкові і денні години: з 8 до 12 години першої половини дня, і з 14 до 17 годин другої. У вечірні години працездатність знижується досягаючи свого мінімуму вночі.

У денний час найменша працездатність, як правило, відзначається в період між 12 і 14 годинами, а в нічний час – з 3 до 4 годин.

При побудові тижневих режимів праці та відпочинку слід виходити з того, що працездатність людини не є стабільною величиною протягом тижня, а піддається певним змінам. У перші дні тижня працездатність поступово збільшується у зв'язку з поступовим входженням у роботу.

Досягаючи найвищого рівня на третій день, працездатність поступово знижується, різко падаючи до останнього дня робочого тижня. Залежно від характеру і ступеня тяжкості праці, коливання тижневої працездатності бувають більшими або меншими.

Ґрунтуючись на знанні змін тижневої кривої працездатності, можна вирішувати низку практичних питань. Характер кривої тижневої працездатності служить обґрунтуванням доцільності встановлення робочого періоду тривалістю не більше шести днів.

При п'ятиденному робочому тижні з двома вихідними днями в суботу і неділю характер змін працездатності зберігається. Однак у зв'язку з дводенною перервою в роботі може відбуватися деяке порушення динамічного стереотипу, і період впрацьовування на початку тижня може бути більш значним.

У річному циклі, як правило, найбільш висока працездатність спостерігається в середині зими, а в жарку пору року вона знижується.

Річні режими праці та відпочинку передбачають раціональне чергування роботи з періодами тривалого відпочинку. Такий відпочинок необхідний, тому що щоденний і щотижневий відпочинок не запобігає повністю накопиченню стомлення. Щорічна відпустка встановлюється в законодавчому порядку. Тривалість її залежить від важкості праці, але не може бути менше 15 календарних днів. Відпустка тривалістю до 24-х днів доцільно використовувати одноразово, а при більшій тривалості – у два етапи.

Відповідно до природних добових ритмів природних процесів, може здійснюватися і порядок чергування змін: ранкова, вечірня, нічна. Однак, при цьому потрібно враховувати, що за нічною зміною обов'язково повинен слідувати вихідний. Інакше, таке чергування змін може призвести до того, що працівник, відпрацювавши нічну зміну, повинен відразу ж виходити в ранкову, тобто має безперервно працювати дві зміни, що природно не допустимо. На ряді підприємств, де широко використовують працю жінок, добре зарекомендував себе зворотний порядок чергування змін, який, по–перше, дозволяє виключити можливість виходу працівника поспіль у дві зміни, і по–друге, дозволяє подовжити щотижневий відпочинок (вихідний) після нічної

зміни: бригада з нічної зміни заступає на роботу у вечірню, а потім у ранкову зміну.

Розробляти нові режими праці та відпочинку й удосконалювати існуючі слід, виходячи з особливостей зміни працездатності. Якщо час роботи буде збігатися з періодами найвищої працездатності, працівник зможе виконати максимум роботи при мінімальній витраті енергії і мінімальному стомленні.

5.3. Правила підбору типових режимів

Режим роботи підприємства передбачає кількість змін на добу, тривалість зміни в годинах, тривалість робочого тижня і загальний час роботи підприємства, цеху, протягом календарного періоду (доба, місяць, квартал, рік). Виходячи з цього, режими праці та відпочинку підрозділяються на внутрішньозмінні, добові, тижневі й річні.

Змінний режим праці та відпочинку – порядок чергування часу роботи та відпочинку протягом робочої зміни. Основою для розробки будь-якого змінного режиму праці та відпочинку є динаміка працездатності. При розробці змінного режиму роботи з урахуванням умов виробництва й особливостей кожного конкретного виду робіт визначається загальна величина часу на відпочинок, розподіл цього часу протягом зміни (перерви в роботі та їх тривалість), характер відпочинку.

Необхідно розрізняти загальний час на відпочинок і особисті потреби (обумовлені відповідними нормативами) і час на регламентовані перерви.

Тривалість відпочинку протягом зміни (регламентовані перерви) залежить в основному від важкості праці та умов його здійснення. Відповідно до рекомендацій фізіологів при визначенні тривалості відпочинку протягом робочого часу необхідно враховувати наступні **виробничі фактори, що викликають стомлення**: фізичні зусилля, нервові напруження, темп роботи, робоче положення, монотонність роботи, мікроклімат, забрудненість повітря, виробничий шум, вібрація, освітлення. Залежно від сили впливу кожного з цих факторів на організм людини встановлюється час на відпочинок.

Змінний режим праці і відпочинку повинен включати в себе перерву на обід і короткочасні перерви на відпочинок. Відпочинок повинен бути регламентованим, тому що він більш ефективний, ніж перерви виникають нерегулярно, на розсуд працівника.

Обідня перерва пов'язана з природною необхідністю організму у відпочинку після декількох годин роботи й потребою в прийомі їжі. Він запобігає або зменшує зниження працездатності, що відмічається в середині робочого дня, у зв'язку з втомою нагромадилася за першу половину зміни. Ефективність його залежить від правильного вибору часу для перерви, тривалості, змісту та організації.

При встановленні обідньої перерви рекомендується керуватися наступними вимогами: надавати обідню перерву потрібно в середині робочої зміни або з відхиленням до однієї години; тривалість обідньої перерви слід встановлювати в 40 – 60 хвилин, з тим щоб працівник використовував не більше 20 хвилин для прийому їжі, а решту часу використовував на відпочинок.

Таким чином, обідня перерва складається, з одного боку, з кількості часу, необхідного для відновлення фізіологічних функцій до певного рівня, що забезпечує зняття втоми, а з іншого боку, з кількості часу, необхідного для нормального прийому їжі. Якщо обідня перерва встановлюється незабаром після початку робочого дня (під час фази впрацювання або у фазі високої стійкості працездатності), то він не приносить користі і навіть шкідливий, тому що перешкоджає нормальному формуванню робочої установки організму. При безперервних технологічних процесах (хімічні, металургійні, хлібопекарські й інші підприємства), на підземних роботах у вугільній промисловості тощо, потрібно під час обідньої перерви передбачати підміну.

Короткочасні перерви на відпочинок призначені для зменшення втоми, що розвивається в процесі праці. На відміну від обідньої перерви і перерв на особисті потреби вони є частиною робочого часу й призначаються одночасно для колективу всього цеху або ділянки. При їх розробці попередньо необхідно в кожному випадку вирішувати наступні питання: загальний час на регламентовані перерви; тривалість однієї перерви; час призначення перерв; зміст відпочинку (активний, пасивний, змішаний).

Кількість і тривалість короткочасних перерв визначають виходячи з характеру трудового процесу, ступеня інтенсивності і важкості праці. Орієнтиром для встановлення початку перерв на відпочинок служать моменти зниження працездатності. Щоб попередити її спад, перерва на відпочинок призначається до настання втоми організму.

Таким чином, встановити час введення перерв на відпочинок на тому чи іншому виробничому ділянці, без спеціального обстеження неможливо. Але є одне загальне положення, яке треба враховувати при призначенні перерв: чим важче й напруженіше робота, тим раніше стосовно початку стадії розвивається стомлення слід вводити регламентовані перерви. У другій половині робочого дня у зв'язку з більш глибокою втомою, кількість перерв на відпочинок має бути більше, ніж у першій половині зміни. Фізіологами встановлено, що для більшості видів робіт, оптимальна тривалість перерви 5 – 10 хвилин. Саме ця перерва дозволяє відновити фізіологічні функції, знизити втому і зберегти робочу установку. На роботах, що вимагають великої напруги й уваги, рекомендуються достатньо часті, але короткі перерви (5 – 10 хвилин); на важких роботах з великими фізичними зусиллями – менш часті, але більш тривалі перерви (до 10 хвилин), на особливо важких роботах необхідно поєднувати роботу протягом 15 – 20 хвилин з відпочинком тієї ж тривалості.

Короткочасність перерв дозволяє не тільки затримувати розвиток стомлення, а й зберігати робочу установку. При глибокому стомленні необхідно йти як по лінії збільшення кількості перерв, так і по лінії збільшення їх тривалості. Але перерви тривалістю понад 20 хвилин порушують вже той, що склався стан впрацювання.

Відпочинок може бути активним і пасивним. Пасивний відпочинок (у положенні сидячи, лежачи) необхідний при важких фізичних роботах, пов'язаних з поступовими переходами або з тими, що виконуються стоячи, особливо при несприятливих умовах зовнішнього середовища. Активний відпочинок рекомендується на роботах, що протікають у сприятливих умовах

праці. Найбільш ефективною формою активного відпочинку є виробнича гімнастика, тобто виконання спеціального комплексу гімнастичних вправ. Активний відпочинок прискорює відновлення сил, тому що при зміні діяльності енергія, витрачена працюючим органом, відновлюється швидше.

У кожному конкретному випадку підбирають відповідний типовий режим праці і відпочинку або за показником втоми, встановленому на підставі даних фізіологічних досліджень, або за показником кількісної оцінки умов праці, отриманому розрахунковим способом на основі оцінки окремих факторів умов праці.

Контрольні питання

- Що передує розподілу функцій між людиною та машиною?
- Чим характеризуються ергономічно спроектовані виробничі завдання?
- Яких критеріїв необхідно дотримуватись під час проектування робіт?
- Особливості проектування робочого простору і робочого місця?
- Принципи розробки раціональних режимів праці і відпочинку?
- Основні фази працездатності
- Правила підбору типових режимів

Лекція 9. РОБОТА І РОБОЧЕ МІСЦЕ

1. РОБОЧЕ МІСЦЕ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ЕРГОНОМІЧНІ ВИМОГИ

Виробниче приміщення (цех, офіс, лабораторія, зал ресторану, кухня і т. д.) складається з певних робочих місць, тобто самостійних виробничо-господарських одиниць, що виконують окремі фази виробничого процесу або допоміжні функції. Робочі місця повинні бути організовані таким чином, щоб працівник при мінімальних витратах енергії міг досягти найкращих техніко-економічних результатів.

Характерними елементами робочого місця є: праця людини, матеріали і знаряддя праці. Враховуючи, що матеріали і знаряддя праці позначаються загальним терміном "засоби виробництва", можна сказати, що робоче місце визначається як система "людина – засоби виробництва".

На робочому місці протікають виробничі процеси цілеспрямованого впливу людини на матеріал при використанні відповідних машин або інструментів відповідно до заздалегідь передбачених способів обробки. Людина, машина (інструменти) і матеріали повинні бути відповідним чином підбрані, перебувати у відповідному місці і оснащені засобами транспортування.

Підбір людей, матеріалів і машин або інструментів з метою виконання необхідної роботи за мінімальний час і найбільш економічним способом, що дозволяє звільнити людей від важкої або небезпечної роботи, називається організацією праці.

Правильний вибір матеріалу грає дуже важливу роль і може повністю змінити весь хід виробничого процесу. При виборі машин та інструментів слід віддавати перевагу найбільш новим їх видами.

Людина, цілеспрямовано впливаючи на матеріал за допомогою машин та інструментів, створює готовий виріб. При цьому відбувається і зворотний процес – вплив виробничого процесу на розвиток свідомості та психіки людини. До недавнього часу основна увага приділялася, насамперед, підготовці людей до виконання роботи на певному робочому місці. Поворотною точкою в такому традиційному розумінні взаємного пристосування людини та праці стала зміна самої мети, яка тепер визначається, як "пристосування праці до людини".

Організація робочого місця вже давно перестала бути сферою діяльності лише інженера. У цій галузі працюють також лікарі, психологи, фізіологи, педагоги, соціологи, архітектори, дизайнери, фахівці з техніки безпеки.

Таким чином:

Робоче місце – це місце, де працівник повинен знаходитись або куди йому необхідно прибути у зв'язку з його роботою і яке прямо або побічно перебуває під контролем роботодавця.

Також можна сказати, що *Робоче місце* – це неподільна в організаційному відношенні (в даних конкретних умовах) ланка виробничого процесу, що обслуговується одним або кількома робітниками, призначена для виконання

однієї або кількох виробничих чи обслуговуючих операцій, оснащена відповідним устаткуванням і технологічним оснащенням.

У більш широкому сенсі – це елементарна структурна частина виробничого простору, в якій суб'єкт праці взаємодіє з розміщеними засобами і предметами праці для здійснення одиничних процесів праці відповідно до цільової функції отримання результатів праці.

Або, *Робоче місце* — це первинна ланка виробництва, зона прикладання праці одного або кількох (якщо робоче місце колективне) виконавців, визначена на підставі трудових та інших чинних норм і оздоблена необхідними засобами для трудової діяльності.

Організація робочого місця – це результат проведення системи заходів щодо функціонування і просторового розміщення основних і допоміжних засобів праці для забезпечення оптимальних умов трудового процесу.

Основні засоби праці – це основне устаткування, за допомогою якого людина виконує трудові операції (верстати, стенди, промислові роботи, тощо).

Допоміжні засоби праці діляться за призначенням на технологічне і організаційне оснащення. Технологічне оснащення забезпечує ефективну експлуатацію основного виробничого устаткування на робочих місцях (засоби заточування, ремонту, наладки, контролю і т.п.). Організаційне оснащення забезпечує ефективну організацію праці людини шляхом створення зручностей і безпеки в експлуатації і обслуговуванні основного виробничого устаткування. До складу організаційного оснащення входить: робочі меблі (верстаки, інструментальні тумбочки, сидіння і т.п.); пристрої і пристосування для транспортування і зберігання предметів праці (ліфти, піддони і т.п.); засоби сигналізації, зв'язки, освітлення, тара, предмети для прибирання робочого місця та ін.

1.1. Класифікація робочих місць

Робочі місця можна **класифікувати** за наступними ознаками і категоріями.

За ступенем автоматизації трудового процесу:

- ✓ Робоче місце з ручною роботою – трудові процеси виконуються вручну.
- ✓ Робоче місце ручної механізованої роботи – робочі користуються механізованим інструментом із зовнішнім приводом.
- ✓ Робоче місце машинно–ручної роботи – оснащено машиною (верстатом, механізмом), яка працює при безпосередній участі працівника.
- ✓ Машинне робоче місце – основна робота виконується машиною, а управління нею та допоміжна робота здійснюються робочим.
- ✓ Автоматизоване робоче місце – основна робота виконується машиною, допоміжні роботи механізовані частково або повністю.
- ✓ Апаратурне робоче місце – оснащено спеціальним устаткуванням, в якому виробничі процеси здійснюються шляхом впливу на предмет праці теплової, електричної або фізико–хімічної енергії.

За ступенем спеціалізації:

- ✓ Спеціальні – за робочим місцем закріплено від 1 до 3 операцій. Застосовується в масовому типі виробництва, при поточних методах виготовлення продукції.
- ✓ Спеціалізовані – за робочим місцем закріплено від 3 до 10 операцій. Застосовується в серійному виробництві, при партійних методах обробки.
- ✓ Універсальні – на робочому місці може виконуватися більше 10 операцій. Використовується в одиничному виробництві, при індивідуальних методах виготовлення продукції.

По виконуваних працівником функцій:

- ✓ Робоче місце керівника.
- ✓ Робоче місце фахівця.
- ✓ Робоче місце службовця.
- ✓ Робоче місце робітника.
- ✓ Робоче місце молодшого обслуговуючого персоналу і т.д.

За умовами праці:

- ✓ З нормальними умовами.
- ✓ З важкою фізичною працею.
- ✓ З шкідливими умовами.
- ✓ З особливо важкою фізичною працею.
- ✓ З особливо шкідливими умовами.
- ✓ З високою нервово–психічної напруженістю.
- ✓ З монотонною працею.

За часом функціонування:

- ✓ Однозмінний.
- ✓ Багатозмінний.

За кількістю обладнання, яке обслуговується:

- ✓ Без обладнання.
- ✓ Одностаночні (одноагрегатні).
- ✓ Багатоверстатні (багатоагрегатні, багатоапаратні).

За ступенем рухливості:

- ✓ Стаціонарні.
- ✓ Пересувні.

За професійною ознакою. Наприклад, можна виділити робочі місця бухгалтера, лікаря–терапевта, діловода, теслі, водія і т.д.

Залежно від специфіки трудового процесу можуть бути виділені й інші ознаки класифікації.

1.2. Загальні ергономічні вимоги до робочих місць

Які загальні вимоги ергономіки пред'являються до організації робочого простору, зокрема робочого місця?

Перш за все, робоче місце повинно відповідати вимогам безпеки праці. Крім того, воно повинно бути зручним, тобто відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також типу роботи.

У зв'язку з цим при проектуванні робочого місця необхідно враховувати:

- 1) робочу позу;

- 2) простір для розміщення працівника;
- 3) можливість охопити поглядом всі елементи робочого місця і простір за його межами;
- 4) можливість вести записи, розміщувати документацію та матеріали, необхідні для роботи.

Робоче місце слід організувати так, щоб працівник міг легко переміщатися в процесі трудової діяльності, здійснювати всі рухи, необхідні для обслуговування обладнання, добре сприймати звукову і зорову інформацію.

Працівника потрібно захистити від впливу небезпечних і шкідливих факторів, при цьому спецодяг та засоби індивідуального захисту, якщо вони використовуються, не повинні заважати роботі. Крім усього іншого працівник повинен мати можливість екстрено покинути робоче місце у випадку, наприклад, аварійної ситуації. Умови для термінового звільнення з робочого місця також необхідно передбачити.

При проектуванні обладнання та організації робочого місця слід враховувати антропометричні показники жінок (якщо працюють лише жінки) і чоловіків (якщо працюють лише чоловіки), якщо ж обладнання обслуговують і жінки, і чоловіки – враховуються загальні середні показники для тих і інших.

Правильна організація зони моторного поля – це далеко не все, чим займається ергономіка. Вона покликана вирішити цілий ряд різноманітних завдань. Існують два основні підходи до їх вирішення. Перший передусім розрахований на підвищення ефективності праці, а значить, націлений на пристосування людини до умов роботи. Другий – на створення комфортних умов для роботи, а значить, на пристосування роботи до людини. Як правило, ці підходи співіснують, але одному з них приділяється більше, іншому менше уваги.

На підвищення ефективності праці, безумовно, вплине правильний розподіл функцій між працівником і технічними засобами. Цьому ж сприятимуть такий відбір працівників і така їхня підготовка, що дозволять їм точно, швидко, злагоджено і якісно виконувати необхідні завдання. Разом з тим працівник повинен отримувати достатню та достовірну інформацію про всі процеси, що відбуваються.

Щоб зробити роботу комфортної, необхідно передбачити таке положення тіла працівника в процесі діяльності, що дозволяє економити фізичні сили, рівномірно розподіляти фізичне навантаження. Акустичні, візуальні та інші сигнали повинні легко орієнтуватися, органи керування легко переміщатися, інструменти повинні бути зручними, розташування елементів робочого місця – відповідати логіці дій працівника. Щоб уникнути помилок документація, що регламентує діяльність працівника, повинна бути наочною і доступною сприйняттю. І нарешті, необхідно створити такі умови праці, при яких працівники могли б взаємодіяти один з одним.

Нехтування небезпечно. Помилки при конструюванні робочого місця найчастіше призводять до небезпечних наслідків. Шкідливі для здоров'я пози, надмірна напруга тіла, скутість, брак або надлишок освітлення, незручне розташування органів управління або засобів відображення інформації – це далеко не безневинні сліdstва нехтування принципами ергономіки. Кожен з цих

факторів або тим більше їх поєднання можуть привести до захворювань, психічні стреси, помилкам в поведінці людей, до аварій, псування обладнання, нещасних випадків.

Найбільш важливі результати відповідних досліджень, що носять загальний характер і уявляють собою загальні ергономічні вимоги до організації робочого місця, визначені в наступних стандартах:

ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»,

ГОСТ 12.2.033–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Вони встановлюють вимоги до робочих місць при виконанні робіт у положенні сидячи і стоячи при проектуванні нового і модернізації діючого обладнання та виробничих процесів. У якості *основних* можна виділити наступні *ергономічні вимоги*:

- Конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру роботи.
- Конструкцією робочого місця повинно бути забезпечено виконання трудових операцій в межах зони досяжності моторного поля.
- Виконання трудових операцій "часто" і "дуже часто" повинно бути забезпечено в межах зони легкої досяжності й оптимальної зони моторного поля.
- Конструкцією виробничого обладнання та робочого місця повинно бути забезпечено оптимальне положення працюючого, яке досягається регулюванням.
- та ін.

Дані стандарти не встановлюють вимоги до робочих місць транспортних засобів, машин і устаткування, що переміщуються в процесі роботи, а також на робочі місця для учнів, що проходять виробничу практику, і військовослужбовців.

Більш детально вимоги до організації робочого місця наводяться у відповідних стандартах. Наприклад:

ГОСТ 22269–76 «Система "человек–машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»,

ГОСТ Р 50948–2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»,

ISO 16121–1:2005 «Дорожный транспорт. Эргономические требования к рабочему месту водителя на маршрутных автобусах. Часть 1. Общее описание, основные требования».

Правильна організація умов праці передбачає раціональне планування обладнання і розміщення постійного робочого місця персоналу з урахуванням психофізіологічних характеристик і антропометричних даних, забезпечення безпеки праці і нормальних навколишніх умов.

Ергономічне проектування робочих просторів і робочих місць проводиться для конкретних робочих завдань і видів діяльності з урахуванням антропологічних, біомеханічних, психофізіологічних і психічних можливостей і особливостей працюючих людей. Воно має створити найкращі умови для:

- Розміщення працюючої людини з урахуванням робочих рухів і переміщень відповідно до вимог технологічного процесу;
- Виконання основних і допоміжних операцій в зручному робочому положенні, відповідному специфіці трудового процесу, і з застосуванням найбільш ефективних прийомів праці;
- Розташування засобів управління в межах максимальних і мінімальних меж простору рухів людини (по ширині, глибині і висоті);
- Оптимального огляду джерел візуальної інформації, зміни робочої пози і робочого положення;
- Вільного доступу до місць профілактичних оглядів, ремонту та налагодження, зручності їх виконання;
- Раціонального розміщення робочого обладнання, безпеки працюючих.

При організації робочого місця повинні бути дотримані такі основні умови:

- Достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення (облік антропометричних даних);
- Достатні інформаційні зв'язки між працівниками та обладнанням (якщо необхідно);
- Оптимальне розміщення робочих місць в приміщеннях для оперативної роботи, а також безпечні і достатні проходи;
- Оптимальне розміщення устаткування;
- Необхідне природне і штучне освітлення для виконання трудових завдань або технічного обслуговування;
- Допустимий рівень акустичного шуму, вібрацій та інших факторів виробничого середовища, створюваних устаткуванням робочого місця або іншими джерелами;
- Наявність необхідних інструкцій і попереджувальних знаків, що застерігають про небезпеки, які можуть виникнути при роботі, і вказують на необхідні запобіжні заходи;
- Надійна індикація відмов електричного живлення апаратури.

При конструюванні та розміщення робочих місць слід передбачати заходи, що попереджають або знижують передчасне стомлення людини, які запобігають виникненню у нього психофізіологічного стресу, а також появу помилкових дій.

1.3. Інтер'єр робочого місця

Рішення завдання організації робочого місця повинно проводитися спільно з проектуванням внутрішнього простору (інтер'єру). Інтер'єри робочих приміщень створюються архітектурними формами та оздобленням, колірним рішенням і системою освітлення, що враховують особливості роботи людей;

встановлюються технічними засобами та меблями. Всі елементи інтер'єру повинні гармонійно поєднуватися і переслідувати мету оптимізації умов праці.

Внутрішній простір робочого приміщення зазвичай ділиться на три зони: робочу, допоміжну і відпочинку.

Головною функціональною зоною є робоча. Вона обмежується комплексом функціональних елементів робочого місця.

Допоміжна зона необхідна для обслуговування робочих місць і виконання робіт з налагодження і ремонту обладнання. Допоміжна зона охоплює простір, що безпосередньо прилягає до зворотної сторони робочого місця. Площа цієї зони визначається вимогами технології і з урахуванням проходів, що забезпечують зручний підхід до зворотної сторони робочого місця, обслуговування різних його елементів.

Зона відпочинку призначена для психологічної переадаптації людини в процесі короткочасного відпочинку і повинна розташовуватися всередині робочого приміщення таким чином, щоб з неї можна було спостерігати за своїм робочим місцем та обладнанням, що входять до його складу.

З цього призначення випливає двоїстий характер зони відпочинку. По-перше, вона забезпечує короткочасний відпочинок персоналу. Для цього вона обладнується функціональними меблями, форма і стиль якої докорінно відрізняються від раціональної форми елементів робочої зони. По-друге, зменшення психофізіологічного напруження, що виникає у людини в процесі трудової діяльності, зменшення зорові та нервові втоми і підвищення тим самим ефективності його праці. У зв'язку з цим композиція зони відпочинку повинна бути побудована принципово на інших засадах, ніж композиція робочої зони. Вид їх контрасту залежить від характеру роботи людини. При більш спокійній роботі контраст між цими зонами також може бути спокійним. Якщо ж у людини режим роботи напружений і часу для короткочасного відпочинку залишається мало, контраст повинен бути більш різким.

Важливими елементами зони відпочинку в будь-якому випадку є живі куточки природи, що зв'язують персонал із зовнішнім простором, та забезпечують більш близький контакт з природою і сприяють більш інтенсивному відпочинку нервової системи і зорового аналізатора.

Для можливості розміщення і установки основного (робочого) і допоміжного обладнання у відповідності з раціональним плануванням, запобігання скупченню пилу і забезпечення легкості прибирання, а також відповідно до вимоги створення найбільш красивого загального вигляду приміщення його стеля і стіни повинні бути гладкими, без виступаючих будівельних конструкцій. Підлоги рекомендується настилати матеріалами світлого кольору, оскільки вони відображають світло, що дуже важливо при напруженій зоровій роботі. Підлоги рекомендується виконувати в одній колірній гаммі з кольором стін.

При створенні кольорово-світлового середовища в інтер'єрі враховують емоційно-фізіологічний вплив кольору і світла та їх функціонально-естетичну роль в організації простору.

На робочих місцях передбачається загальне і місцеве освітлення.

Рівень освітленості на всіх робочих поверхнях повинен бути не менше 300 лк з коефіцієнтом нерівномірності не більше 0,5.

Для боротьби з монотонністю роботи в приміщенні бажано передбачити динамічне (таке, що змінюється у часі) освітлення. Для цього світильники загального та місцевого освітлення повинні мати плавне (ручне або автоматичне) регулювання сили світла, яке забезпечує можливість зниження освітленості робочих поверхонь до 30 лк.

Розміщення світильників повинно виключати можливість засвічення екранів комп'ютерів. Тому світильники по можливості слід ховати в поглиблення стелі, прагнучи використовувати відбите розсіяне світло. З їх допомогою нерідко вирішується і композиція стелі. У разі підвісних світильників їх забезпечують ковпаками, що розсіюють світло і захищають очі від прямого попадання світла. При цьому потрібно прагнути до вилучення максимуму декоративного ефекту.

У забезпеченні відповідності конструктивних особливостей робочих місць з характеристикам людини важливу роль відіграє технічна естетика. Художня форма технічних об'єктів є продуктом спільної роботи інженера, психолога і художника. Виразними засобами технічної естетики є: художня форма, функціональний колір і світло, просторова композиція.

Цими засобами можна вплинути на діяльність людини і підвищити її ефективність, виявити функції тих чи інших елементів апаратури, привернути до них увагу людини, полегшити операції прийому і переробки інформації, поліпшити концентрацію і переключення уваги, підвищити швидкість сприйняття і економічність керуючих дій, поліпшити їх пластику і координацію, нейтралізувати відчуття спеки або холоду, зняти монотонність або напруженість роботи, тощо.

1.4. Фізіологічні та естетичні вимоги

В процесі праці у людини підвищується діяльність зорово–мозкового апарату, активізується моторна сфера, в результаті чого людина втомлюється і перевтомлюється. Це різко знижує увагу, порушує точність і координацію рухів, з'являються дефекти в роботі, різко знижується продуктивність праці. Тому створення найбільш сприятливого середовища для трудової діяльності людини, всебічної пристосованості техніки до людини, особливо в небезпечних зонах різних виробництв, має величезне значення.

Всі речі, які беруть участь у праці, можна розділити на три групи: 1) предмети праці; 2) знаряддя праці, 3) речі, що створюють обстановку, умови праці.

Досконалі у функціонально–технічному та естетичному відношенні, ці групи не тільки полегшують працю, підвищують її продуктивність, а й впливають на творчу задоволеність, роблячи працю радісним, змінюють ставлення людей до праці і виробництва, створюють умови для появи нових відносин. У цьому полягає головна мета впровадження методу художнього конструювання в промисловості при використанні всіх наукових досягнень, у тому числі і ергономіки.

Крім знання антропометричних розмірів людського тіла, художнику–конструктору необхідно знати анатоμο–фізіологічні особливості, а саме: функціональні можливості м'язів, величину прикладених зусиль, розподіл маси людського тіла, анатомію внутрішніх органів, особливості їх функціонування в залежності від пози людини тощо. Пов'язуючи антропометричні дані з функціональними та фізіологічними можливостями людського тіла, тобто з особливостями його моторики, відзначимо деякі *принципи комплексу рухів людини в процесі праці*:

- Рухи повинні бути простими і ритмічними;
- Кожен рух має закінчуватися в положенні, зручному для початку наступного руху;
- Попередні і наступні рухи повинні бути плавнопов'язані;
- Безперервні криволінійні рухи рук відбуваються швидше одиночних рухів з раптовою зміною напрямку;
- Обертальні рухи швидше поступальних;
- Горизонтальні рухи рук швидше і точніше вертикальних;
- Динамічна робота рук протікає більш координовано в положенні стоячи, проте в тих випадках, коли дозволяє технологія, точні рухи краще і краще виконувати сидячи.

– Рухи, що виконуються однією рукою, відбуваються найбільш точно і швидко під кутом, рівним 60° до напрямку прямо вперед, а рухи, що виконуються обома руками одночасно, – під кутом близько 30° .

– Найменш втомливими є рухи в межах оптимальної зони, тобто в межах робочого простору, обмеженого дугами, що описуються руками робітника.

Конструктори повинні віддавати перевагу таким інженерним рішенням, які дозволяють споживачам швидко освоїтися з даним виробом. Іншими словами, люди заздалегідь очікують, що пристрої діють «певним чином». Такі «очікування» часто називаються стійкими стереотипами. Типовим прикладом може служити водопровідний кран. Люди звикли, що обертання водопровідного крана вліво (тобто проти годинникової стрілки) збільшує потік води, а обертання вправо перекидає воду. Оскільки подібні стереотипи існують, бажано і надалі дотримуватися їх!

При конструюванні багатьох виробів може й не бути очевидних стереотипів. Якщо конструктор в цьому не переконаний, доцільно зробити досвід на значному числі «типових» споживачів, щоб упевнитися в тому, що при користуванні новим виробом не виникнуть непорозуміння.

Характерні стереотипні реакції людей:

- ✓ Люди звикли, що поворот крану, який регулює потік рідини, за годинниковою стрілкою зменшує або зупиняє потік, А проти годинникової стрілки – збільшує його;
- ✓ На відміну від цього ручки електричних приладів при повергненні за годинниковою стрілкою зазвичай включає або збільшує струм. А проти годинникової стрілки – вимикає або знижує його;
- ✓ Певні кольори пов'язані з правилами вуличного руху та сигналами безпеки;

- ✓ Під час керування транспортним засобом водій звик, що при повороті органу управління направо або за годинниковою стрілкою машина також повертає праворуч, і навпаки;
- ✓ При сприйнятті кольорів та їх відтінків у людей часто виникають асоціації з кольором неба і землі. Так, наприклад, світлі відтінки і блакитний колір асоціюються з небом або з рухом «вгору», навпроти, темні відтінки, а також зелений та коричневий колір асоціюються з землею або з рухом «вниз»;
- ✓ Людина звикла, що віддаленні предмети здаються менше за розміром;
- ✓ Холод асоціюється з блакитним або синьо-зеленим кольором, а тепло – з жовтим або червоним кольором;
- ✓ Дуже голосний і швидкозмінний звук, а також дуже яскраві і такі, що дуже швидко миготять, світлові сигнали викликають почуття небезпеки та хвилювання;
- ✓ Дуже великі або темні об'єкти викликають асоціацію з чим-то «важким»; маленькі і світлоокрашені об'єкти – навпаки, асоціюються з чимось легким і невагомим. Великі і важкі об'єкти звично бачити знизу, а маленькі легкі предмети – наверху;
- ✓ Зазвичай людина очікує почути звуки мови поруч, приблизно на рівні голови;
- ✓ Людина звикає до сидінь певної висоти.

Розміри робочої зони залежать від конструктивних особливостей машини, що обслуговується, і визначаються експериментальним шляхом за допомогою макетів і моделей чи у процесі проектування за допомогою прийомів соматографії.

Соматографія – нова наука про людину, що аналізує положення тіла і зміни пози оператора в процесі роботи на основі анатомічних принципів.

Так, в ній було визначено, що підняття і переміщення вантажу до 6 кг вважається легким фізичним навантаженням, 6 ... 15 кг – помірним, 15 ... 30 кг – середнім, 30 ... 50 кг – важким.

Зір. Дизайнеру, архітекторові, інженерові та іншим фахівцям у галузі художнього конструювання необхідно знати межі і основні риси зорового поля, величина якого визначається анатомо-фізіологічними особливостями зорового апарату людини.

Зорове поле поділяється на кілька зон: зона зорового спостереження (1,5 – 3°), зона миттєвого зору (близько 18 °) і зона ефективною видимості (близько 30°). Кут зони огляду відповідає куту повороту голови. Кути повороту голови на 45° у горизонтальній і на 30° у вертикальній площині не викликають надмірної напруги.

Крім кордонів зорового поля і його зон необхідно також враховувати інші закономірності зорового сприйняття, а саме:

1. Розрізнявальна чутливість ока різко зменшується від центру до периферії:

2. Кольоровий зір здійснюється за рахунок центральних областей сітківки ока, ахроматичний – за рахунок периферичного зору.

3. Монохроматичні кольори в рамках зорового поля сприймаються в різних межах: жовтий і блакитний мають найбільш широкі межі, червоний і зелений – вузькі.

4. По мірі пересування до периферії зорового поля деякі кольори змінюються: червоні і зелені – жовтіють, пурпурові – синіють.

5. На великій відстані найгірше сприймається синій колір.

6. Рухливі об'єкти периферичним зором сприймаються значно краще, ніж нерухомі.

7. Око людини може візуально сприймати одночасно обсяг у межах 5 – 7 окремих об'єктів.

На підставі вже встановлених загальних фізіологічних закономірностей руху очей дизайнеру, архітекторові, інженерові та іншим фахівцям необхідно знати наступне:

а) горизонтальні рухи очей швидші, ніж вертикальні;

б) вертикальні рухи очей надають більше втоми, ніж горизонтальні;

в) точніше оцінюються горизонтальні пропорції і розміри виробів, ніж вертикальні, а отже, ритмічність в горизонтальній площині сприймається чіткіше, ніж у вертикальній;

г) очі, будучи фізичним тілом, мають певну інертність, внаслідок чого прямолінійні контури сприймаються легше, ніж ламані. Однак це не означає, що необхідно уникати різких контурів;

д) стрибкоподібна моторика очей певною мірою підказує доцільність застосування ритмічних композицій.

2. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБІТ

Для вирішення проблем, пов'язаних з організацією робочих місць можна використовувати наступну класифікацію робіт:

- ✓ ручна робота;
- ✓ робота з застосуванням інструментів;
- ✓ робота з застосуванням машин;
- ✓ автоматизована робота.

При виконанні ручної роботи (вантажно–розвантажувальні роботи, сортування, зміна деталей механізмів, заправка ємностей і т. д.) людина отримує інформацію про її протікання за допомогою органів чуття. Ця інформація переробляється в центральній нервовій системі, внаслідок чого людина може коригувати свої подальші дії. У цьому процесі особливу роль відіграє зворотній зв'язок. Таким шляхом вдається відкоригувати робочий процес відповідно до вимог, що виникають в процесі роботи.

Під терміном "інструменти" розуміють не лише найпростіші знаряддя праці, а й складні машини, які приводяться в дію самим працівником без використання сторонньої енергії. У цьому випадку теж існує зворотний зв'язок, що дозволяє працівникові так організувати свої рухи, що б пристосувати їх до існуючого в даний момент станом оброблюваного виробу.

При роботі із застосуванням верстатів крім інформації, що надходить при спостереженні за оброблюваним матеріалом, використовується додаткова і найбільш значуща інформація, яка надходить від вимірювальних приладів. Робота людини в цьому випадку полягає в установці і знятті оброблених предметів, а також у безперервному контролі показань вимірювальних приладів і відповідної перенастроюванні органів управління.

Автоматизована робота проводиться без участі людини, роль якого зводиться до контролю за роботою автомата, до його запуску або зупинці. У цьому випадку зворотний зв'язок через органи чуття не використовується, оскільки вона вже закладена в самому автоматі.

Здібності, вміння та знання людини можна умовно розділити на 4 групи, що дозволяє підглядіти ті зміни, які відбуваються в них по мірі підвищення рівня механізації та автоматизації виробництва:

1. Моторні здібності (фізичні можливості та енергія, що витрачається при рухах).

2. Спритність (фізична вправність при поводженні з інструментами та оброблюваними матеріалами).

3. Професійні знання (рівень знань, необхідний для використання машин та інструментів при обробці матеріалу).

4. Загальний рівень теоретичних знань (сума відомостей про природу, техніці та суспільстві).

При виконанні ручної роботи людина, перш за все, використовує свої моторні здібності і спритність. Знання про інструменти та фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу необхідні йому в незначній мірі, а теоретичних знань взагалі не потрібно.

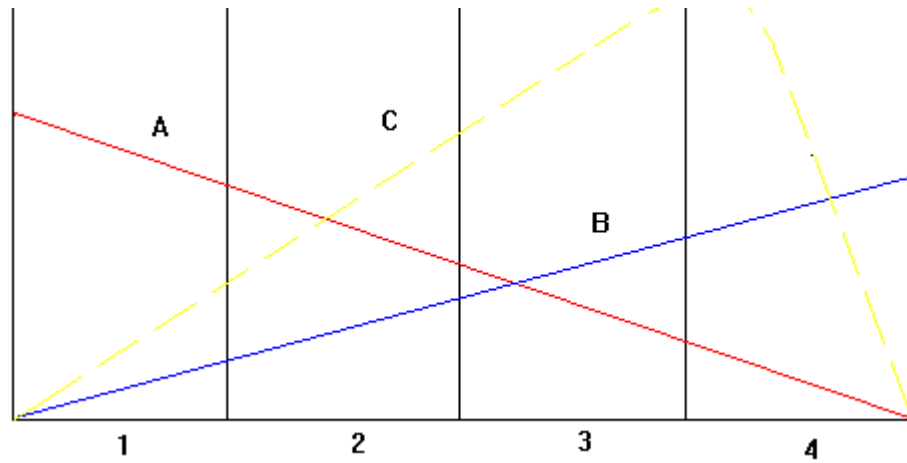
Аналогічне співвідношення здібності, вміння та знання відзначено і при роботі із застосуванням інструментів.

При виконанні роботи на верстаті потреба в моторних здібностях виявляється менше, зате вельми необхідними виявляються спритність і глибшим, ніж у першому випадку, рівень професійних знань. Крім цього з'являється потреба у теоретичних знаннях.

Найбільш глибокі зміни у кваліфікаційній структурі працівника наступають при роботі з автоматами. При цьому знижується необхідність в моторних здібностях і теоретичних знаннях

Відповідно до прийнятої класифікації видів навантажень при роботі вони поділяються на фізичні і психічні. Фізична робота має дві форми: динамічну і статичну. Динамічна робота виражається в переміщенні тіла людини або його окремих частин у просторі, статична робота протікає в умовах постійної м'язової напруги. Психічна робота також виступає в двох формах: у вигляді розумового навантаження (напруга уваги, процеси мислення) або у вигляді емоційної напруги.

Залежно від виду роботи співвідношення цих навантажень в значній мірі змінюється (див. рис.1).



- | | |
|--|---------------------------|
| 1. Ручна робота | |
| 2. Робота із застосуванням інструменту | А. Динамічні навантаження |
| 3. Робота із застосуванням машин | В. Статичні навантаження |
| 4. Автоматизована робота | С. Психичні навантаження |

Рисунок 1. Співвідношення між видом навантаження та типом роботи

При ручній роботі переважає динамічне навантаження, яке при повній автоматизації зменшується і теоретично досягає нуля. Зате в міру автоматизації виробництва зростають статичні навантаження, зумовлені необхідністю дотримання певної пози, але при цьому вони не досягають рівня динамічних навантажень.

Психічне навантаження наростає, лінійно досягаючи максимуму при роботі на верстатах (машинах), а потім швидко спадає в міру збільшення автоматизації виробництва. З графіка видно, що при роботі з автоматами потрібно така ж розумова робота, як і при ручних видах роботи.

Контрольні питання

- Порівняльний аналіз різноманітних визначень робочого місця
- Класифікаційні ознаки, за якими розглядаються робочі місця
- Де визначаються і що містять загальні ергономічні вимоги до організації робочого місця?
- Фізіологічні та естетичні вимоги до робочих місць
- Яким чином класифікуються робочі місця?

Лекція 10. ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕЙТРАЛЬНОЇ ПОЗИ

1. РОБОЧІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПОЗИ

Положення тіла перш за все впливає на просторову компоновку робочого місця. Величина зусиль на органи управління, параметри обзорності визначаються перш за все положенням тіла працюючого. Найбільш поширені положення стоячи і сидячи, рідше – лежачи. Кожне положення характеризується певними умовами рівноваги, ступенем напруги м'язів, станом дихальної і кровоносної системи, витратою енергії і т.д.

Так, положення стоячи характеризується нестійкою рівновагою, але в той же час йому властивий природніший стан хребетного стовпа і грудної клітки, хороші умови для зорового огляду і переміщення. Проте, воно більш втомлює в порівнянні з іншими положеннями, оскільки вимагає значної роботи м'язів по утриманню рівноваги тіла. Тому в положенні стоячи слід уникати фіксованих поз, рекомендується робити перерви для відпочинку в положенні сидячи.

Положення сидячи має переваги перед роботою стоячи, оскільки знижує навантаження м'язів на нижні кінцівки і органи кровообігу, що зменшує енергетичні витрати організму на 10–20%. Проте тривале перебування в положенні сидячи сприяє ряду патологічних явищ (сутулості, радикуліту і т. п.), скорочує зони досяжності, пересування і зменшує силові можливості. Вибір раціональної робочої пози в положенні сидячи (завдяки оптимальній формі сидінь) дозволяє уникати цих негативних наслідків.

Положення лежачи допускається у виняткових випадках, оскільки воно різке обмежує моторні функції людини, погіршує моторну координацію і зменшує зону огляду. Виконання операцій лежачи супроводжується статичною роботою, яка пов'язана з напругою шийних м'язів і плечового поясу при утриманні голови і рук. Це викликає стомлення. Для роботи лежачи слід передбачати спеціальні пристосування, що зменшують статичні напруги (опори для голови та ін.).

Поза – це взаєморозташування ланок тіла, незалежне від його орієнтації в просторі та відношення до опори. Термін "робоча поза" позначає найбільш часте і переважне взаємне розташування тіла при виконанні трудових операцій. Робоча поза динамічна. Її зміна пов'язана з робочими рухами, причому поза розглядається як просторова межа фази руху (початкова, гранична, кінцева). Збереження тієї чи іншої пози відбувається за активної участі нервово-м'язової системи.

Вибір робочого положення і робочої пози пов'язаний з розмірами простору рухів людини, величиною і характером (статичне, динамічне) робочого навантаження, об'ємом і темпом робочих рухів, необхідним ступенем точності виконання операцій, особливостями предметно-просторового оточення. Особливу увагу слід приділяти робочій позі та умовам її підтримки при проектуванні робочих завдань і діяльності, у виконанні яких переважають рухові компоненти і потрібна тривала підтримка певної робочої пози (табл. 1).

При цьому важливо мати на увазі, що негативний вплив робить не стільки сама поза, скільки час, протягом якого людина в ній знаходиться.

Таблиця 1

Критерії вибору робочих положень

Робоче положення	Величина зусиль, Н	Ступінь переміщення працюючого	Напрямок руху рук	База відліку зон досяжності	Величина робочої зони, мм
Сидячи	до 30	Обмежена	Вперед – назад У сторони	Фронтальна площина, паралельна задньому краю сидіння Площина симетрії сидіння	Не більше 600 >> 500
Змінне	30–100	Звичайна	Вперед – назад У сторони	Фронтальна площина, паралельна задньому краю сидіння Площина симетрії сидіння	Не більше 600 >> 750
Стоячи	100–150	Підвищена	Вперед – назад У сторони	Фронтальна площина, паралельна передньому краю обладнання Серединно–сагітальна площина тіла	Не більше 300 1000

2. БАЛАНС ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА ЯК ОСНОВА МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ЛЮДИНИ

Наукові дослідження показали, що приблизно 70–80% людської енергії витрачається на підтримання маси тіла в просторі і рух маси тіла через простір.

Люди володіють вродженим бажанням зберігати енергію. Розглянемо питання забезпечення балансу положення тіла на прикладі підтримки положення голови. Найменша кількість енергії витрачається, коли маса тіла підтримується в урівноваженому положенні на базі своєї опори (рисунок 1). Структурами механічної опори для підтримки положення голови в просторі в рухомому або нерухомому стані є: спинний хребет і диски, хитромудра мережа зв'язок, хрящів і суглобових сумок, а також численні пари, що врівноважують м'язи спереду, ззаду і по обидва боки тіла.

Для тих, хто працює сидячи, оптимальне положення голови – по центру по середній лінії тіла, якщо дивитися спереду назад (у передньо–задньому) або з бічної площині, або з легким нахилом вперед близько чотирьох градусів. Голова людини важить від 4 до 7 кг (пропорційно загальній масі тіла). Якщо голова утримується за межами нейтрального положення (наприклад, при випинанні підборіддя вперед, щоб сфокусувати погляд на маленькому зображенні на екрані, або при витягуванні підборіддя вгору для ухилення від

яскравого світла екрану), сила, що впливає на хребет, збільшується на порядок при відхиленні на кожен сантиметр від центру.

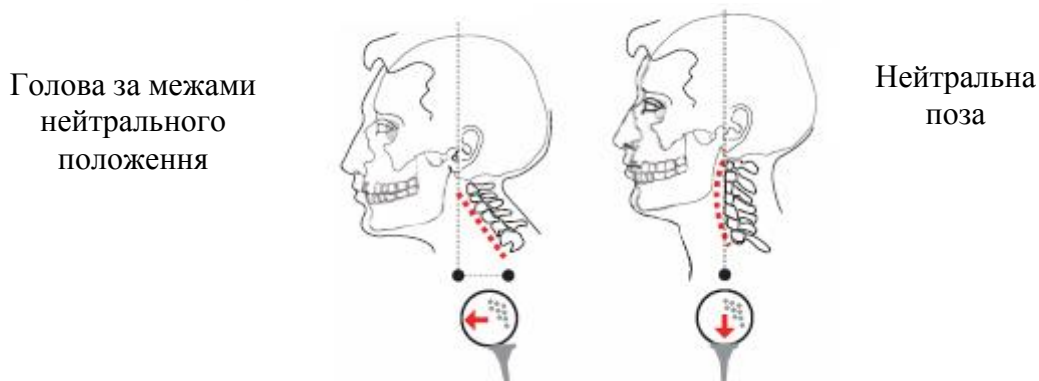


Рис.1 – Підтримка голови в урівноваженому становищі

На рисунку 2, ліворуч, показано оптимальне нейтральне положення голови (чотири градуси вперед) і максимальна нейтральне положення голови, 20 градусів вперед. Невеликий нахил голови назад на 4 градуси (щодо положення 0 градусів) також знаходиться в межах нейтрального діапазону, однак він не рекомендується.

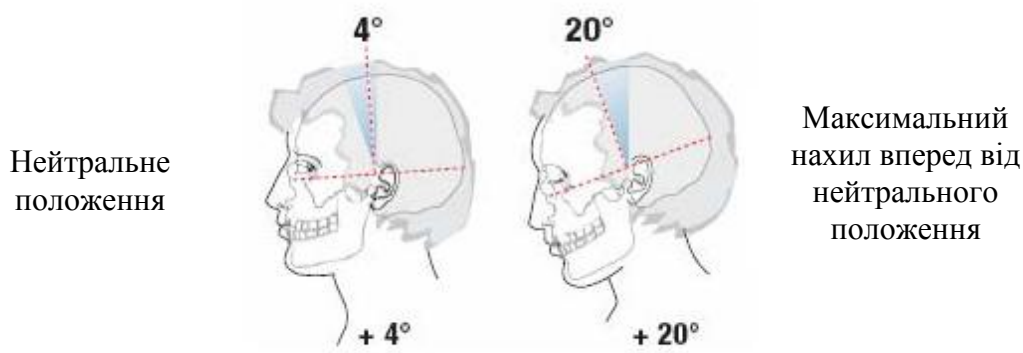


Рис.2 – Нейтральне положення голови

Взагалі, невелике згинання ший більш прийнятно, ніж її витягування; проте фахівці, як правило, рекомендують, щоб і ступінь згинання ший, і час, протягом якого шия зігнута, були обмежені.

Таким чином:

Нейтральна поза (neutral posture) – повністю розслаблене положення тіла (і його частин) без будь-яких навмисних згинань у суглобах.

3. НЕЙТРАЛЬНЕ ПОЛОЖЕННЯ ЧАСТИН ТІЛА

Практично кожна друга людина у віці старше 45 років працює сидячи та на власному прикладі переконується в тому, що розлади опорно-рухової

системи є основною патологією, безпосередньо пов'язаною з обраною в юності спеціальністю. Якщо протягом перших 15 років роботи захворювання суглобів відзначають 10–15% осіб, то при професійному стажі 26–35 років вони зустрічаються у 25–45%.

Основними причинами цього є неправильна організація робочого місця, незручна і стиснена робоча поза, багаторазово повторювані активні дії, що вимагають певних зусиль, а також відсутність правильно організованого відпочинку. Дане положення заслуговує особливої уваги не тільки кожного працюючого, а й кожного керівника, оскільки, згідно з даними американського Бюро трудової статистики, розлади опорно–рухової системи призводять більш ніж до 60% всіх виробничих травм.

Перелік захворювань, які є наслідком неправильно організованого режиму праці та відпочинку, невірної організації робочого місця, багатогодинної роботи в незручному положенні, дуже широкий. Це остеохондроз шийного, грудного і поперекового відділів хребта, неврити та міалгії верхньої кінцівки, артрози плечового, ліктьового і дрібних суглобів кисті. Етіопатогенез даних захворювань пов'язаний з роботою. Проте, як показали численні дослідження останніх років, запобігти ці розлади набагато простіше й ефективніше, ніж лікувати.

Численними роботами гігієністів в останні роки доведено, що попередження розладів опорно–рухової системи може бути досягнуто, головним чином, дотриманням під час роботи так званої «нейтральної пози».

Одним з важливих положень ергономічного редизайну переробки інструментів, робочих станцій і процесів, є вимога, щоб суглоби працівника залишалися в нейтральному положенні як можна більше.

Для цього стараються дотримуватись наступних рекомендацій, пов'язаних з частинами тіла:

Пальці – ніжно вигнуті, в їх природному стані спокою. Вони не є повністю випрямлені (розширений), ні щільно скручену (зігнутою).

Зап'ястя – є продовженням передпліччя. Воно не зігнуте (розширення), н нахилене (згинання). Воно не нагнуте до великого пальця (радіальні відхилення), ні до мізинця (ліктьові відхилення).

Передпліччя лежать таким чином, що великі пальці знаходиться вгорі. Вони не повертаються, щоб долоні були направлені вниз (пронація) або вгору (супінація).

Лікоть знаходиться в нейтральному положенні, коли кут між передпліччям і плечем є близьким до прямого куту (90 градусів). Деякі розширення (до 110 градусів) є небажаними.

Верхні частини рук висять прямо вниз. Вони не зведені в сторону, не витягнуті вперед по відношенню до тіла, не зустрічаються в передній частині тіла, не підняті або зігнуті по фронту, не розвернуті до спини.

Плечі в початковому положенні, не згорблені, не опущені, не тягнуть тіло вперед або назад.

Шия. Голова балансує на хребті. Вона не нахилена вперед, назад або убік, не повертається вліво або вправо.

Задня частина тіла – хребет, природно, передбачає S-подібну криву. Верхній відділ хребта (грудна область) згинається дещо назад; нижня частина хребта (поперековий відділ) згинається дещо вперед. Ці вигини називаються кіфоз і лордоз, відповідно. Хребет не повертається (або викручується) вліво або вправо, а також не нахилений вліво або вправо. В положенні стоячи або сидячи, стовбур не гнеться вперед (не згинається) або назад (не відкидається) на багато (хоча хороші спинки на сидінні допускають деяке відкидання).

Нижня частина тіла – в умовах невагомості (наприклад, в космічній подорожі), тіло, природно, припускає нейтральне положення плоду, тазостегнові і колінні суглоби кілька зігнуті.

Таким чином, пози і сидячи і стоячи пов'язані з відхиленням від нейтральної пози.

4. НЕЙТРАЛЬНІ ПОЗИЦІЇ ТІЛА У ЛЮДИНИ, ЯКА ПРАЦЮЄ

Нижче описані нейтральні позиції, пам'ятаючи про те, що нейтральна поза в цілому є сукупністю нейтральних позицій окремих частин тіла.



Рис. 3. Нейтральна позиція для тулуба в положенні сидячи: передпліччя паралельні підлозі; вага рівномірно збалансований; стегна паралельні підлозі; кут між тулубом і стегном становить 90 °, висота сидіння розташована настільки низько, щоб ви були здатні опиратися п'ятами ніг на підлогу.

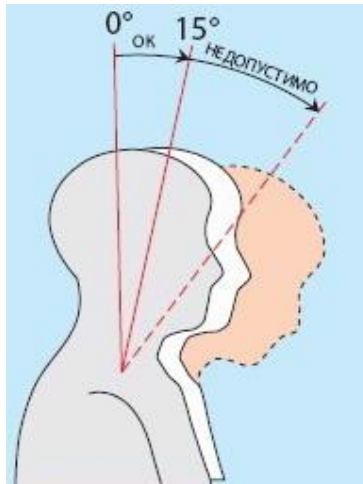


Рис. 4. Нейтральна позиція для шії: кут нахилу голови від 0 до 15 °; лінія від очей до галузі лікування повинна бути настільки близька до вертикального положення, наскільки це можливо. Уникайте нахилів голови надто далеко вперед або до однієї зі сторін.

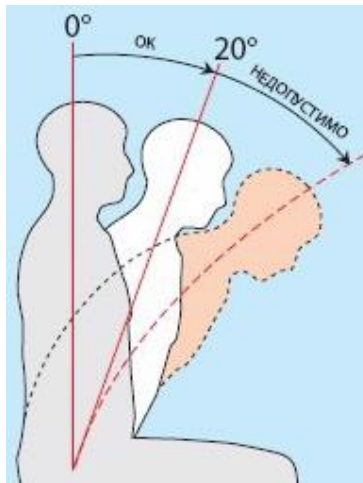


Рис. 5. Нейтральне положення для тулуба: нахилене трохи вперед від талії або стегон, кут нахилу від 0 ° до 20 °. Уникайте надлишкового згинання спини.

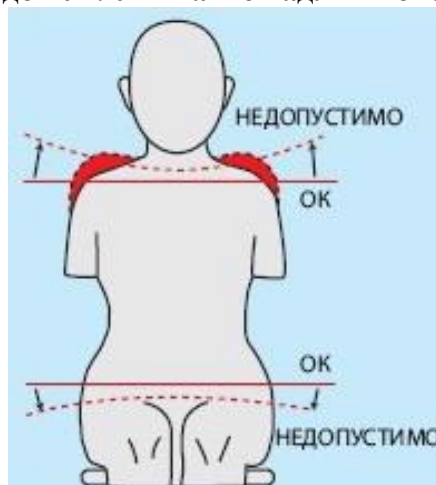


Рис. 6. Нейтральне положення для плечей і стегон: плечі і стегна розташовані горизонтально, вага рівномірно збалансований. Уникайте пози, при якій плечі підняті вгору і зрушені вперед, а також розподілу ваги тіла переважно на одне стегно.

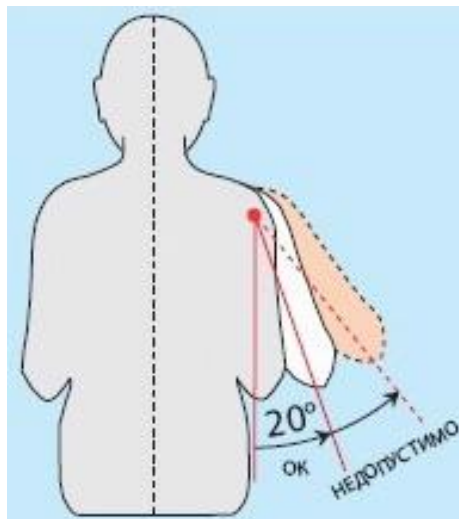


Рис. 7. Нейтральне положення для рук: руки розташовані паралельно довгій осі тулуба; лікті розташовані на рівні талії і підтримуються недалеко від тіла. Уникайте положення ліктів вище рівня талії і відхилення плечей від осі тіла більш ніж на 20° .

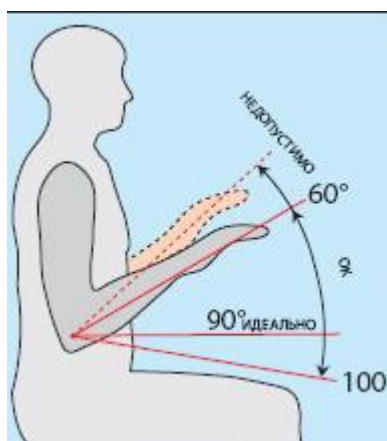


Рис. 8. Нейтральне положення для передпліч: передпліччя розташовані паралельно підлозі; підйом або опускання у разі необхідності проводиться при згинанні в ліктьовому суглобі. Уникайте згинання ліктьового суглоба, щоб кут між передпліччям і плечем становив менше ніж 60° .

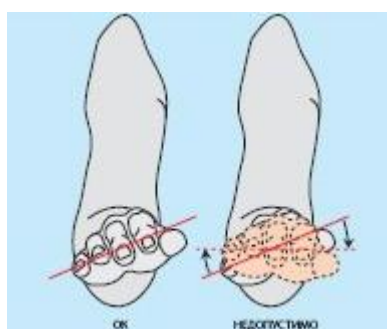


Рис. 9. Нейтральне положення для кистей: сторона мізинця кисті розташована трохи нижче боку великого пальця; зап'ясті розташоване по одній лінії з передпліччям. Уникайте опускання боку великого пальця так, щоб кисть лежала паралельно столу, а також щоб кисть і зап'ястя були зігнуті вниз.

Таким чином, **нейтральна поза** – це ідеальне розташування тіла, при якому виконання робочих дій пов'язане зі зменшеним ризиком розладів опорно-рухової системи. Оскільки тіло є єдиною сукупністю своїх частин, то нейтральна поза являє собою сукупність нейтральних позицій, що

характеризують оптимальне положення частин тіла. Взагалі вважається, що чим більше суглоб відхиляється від нейтральної позиції і чим більше час знаходження кінцівки в такому положенні, тим вище ризик розвитку професійних захворювань відповідної області тіла.

Контрольні питання

- Чим пояснюється обмеженість використання робочого положення лежачи?
- Яким чином людина мінімізує енергетичні витрати під час роботи?
- Від чого залежить робоче положення тіла? Чим визначаються різні типи робочого положення?
- Чим відрізняються терміни «робоче положення» та «робоча поза»?
- Яким чином забезпечується оптимальний (раціональний) баланс положення тіла? Як це пов'язано з визначенням «нейтральна поза»?
- Які професійні захворювання є наслідком невірної організації робочого місця?
- Чи можна розглядати нейтральну позу як сукупність нейтральних позицій окремих частин тіла? Якщо так (чи ні), то що це дає для практичної діяльності?
- Яким чином досягається нейтральна позиція:
 - для тулуба?
 - для тулуба в положенні сидячи?
 - для шиї?
 - для плечей і стегон у положенні сидячи?
 - для рук?
 - для передпліччя в положенні сидячи?
 - для кистей рук?

Лекція 11. ВІЛЬНИЙ РУХ ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ У СТВОРЕННІ ЕРГОНОМІЧНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ

1. РОБОЧІ РУХИ

У кожному робочому русі виділяються чотири форми: механічна, фізіологічна, психічна і функціональна. Механічна форма робочих рухів визначається наступними параметрами: просторовими (завдовжки, формою, напрямом); часовими (швидкістю, прискоренням, темпом); силовими (напрямом і величиною зусиль) і точними (у часі, просторі і т. п.).

Фізіологічні робочі рухи забезпечуються двома простими формами м'язової активності: динамічної (власне рух) і статичної (підтримка робочої пози). У конкретних робочих ситуаціях рухова діяльність складніша, оскільки вона включає елементи статички і динаміки в різних якісних і кількісних співвідношеннях і координаціях руху.

Психічні форми робочих рухів класифікуються по функціях в трудовому процесі, по вирішуваній в русі задачі, по ступеню контролю за виконанням рухів.

Максимальний темп рухів залежить від типу руху: обертального (об./с); такого, що тисне, для провідної і непровідної руки (нат./с); ударного для середнього і оптимального темпу (уд./с) і від зусиль, що розвиваються при різних рухах; точності рухів рук.

Фізіологічні особливості рухового апарату людини:

- швидкість руху рук більше при русі у напрямі до «себе», менше – при русі «від себе»;
- швидкість руху правої руки більше при русі зліва направо, лівої руки – справа наліво;
- лінійна швидкість обертальних рухів рук більше швидкості поступальної ходи;
- швидкість плавних криволінійних рухів рук більше швидкості прямолінійних рухів рук з різкою зміною напрямку;
- точність руху рук більше при роботі в положенні сидячи, менше – при роботі в положенні стоячи;
- точність рухів рук більше при невеликих (до 10 Н) навантаженнях;
- точність рухів пальців рук більше точності рухів кистю;
- найбільша точність рухів пальців рук досягається в горизонтальній площині при положенні рук, зігнутих в ліктявому суглобі на 50...60° і в плечовому суглобі – на 30...40°;
- зусилля м'язових груп чоловіків: великого пальця руки – 119; зап'ястку – 234...279; передпліччя – 279; плеча – 386; корпусу – 1 231 Н;
- максимальне зусилля, що розвивається правою (робочою) рукою, на 10–15% більше максимального зусилля, що розвивається лівою рукою;
- зусилля тиску і тяги, що розвиваються руками при русі їх перед корпусом, більше, ніж при русі рук в сторони;

- максимальне зусилля, що розвивається стопою ноги в положенні сидячи, досягається, якщо кут між гомілкою і стегном складає 95.. 120°;
- максимальне зусилля при русі ноги досягається в положенні сидячи за наявності упору для спини;
- швидкість і частота рухів стопи ноги більше в положенні сидячи, ніж в положенні стоячи.

2. ВІЛЬНИЙ РУХ

В координації з нейтральною позою вільний рух працює над підтриманням тіла в рівновазі з самим собою і з оточенням. Це відноситься до рухів нашого тіла, які виникають ненавмисно, але з важливою метою: запобігти напрузі і втомі. Такий вид дискомфорту може бути локалізованим за короткий час, але тривалий або повторний вплив може призвести до більш серйозних пошкоджень.

Вільний рух – це різні довільні (*произвольные*) рухи нашого тіла, які ми здійснюємо, щоб запобігти напрузі і втомі. Метою вільного руху є підтримання рівноваги і балансу нашого тіла і усунення застійних явищ, які провокують статичні пози.

На першому етапі засіб праці розташовується таким чином, щоб забезпечити оптимальну взаємодію з оптимальною нейтральною позою тіла працюючого. Метою другого етапу є забезпечення такого положення, що не вимагає зусиль вільного руху, необхідного нашому тілу для підтримки балансу і запобігання утворення токсинів, що виникають внаслідок статичної пози.

Ви коли–небудь зосереджували свою увагу на екрані комп'ютера до такої міри, що переставали помічати те, що робиться навколо вас? Те ж відбувається і з вашим тілом: стислі щелепи, зімкнуті лікті, схрещені коліна і немигаючі очі – це першопричина безлічі станів, яких ми сподіваємося уникнути. Якщо наші інструменти або опорні структури перешкоджають вільному руху (наприклад, затікають ноги, бо стілець обмежує кровообіг; викривлена шия, щоб бачити екран комп'ютера, тому що підставка комп'ютера не регулюється, дуже нестійка клавіатура, тощо), ми тільки робимо погану ситуацію ще гірше.

Зайняті люди, які користуються одним комп'ютером спільно з іншими користувачами, особливо схильні до ризику, якщо у них немає часу або можливості відрегулювати комп'ютер для зручності своєї роботи. З цих причин вкрай важливо вибирати опорні системи (столи, стільці, підставки для комп'ютерів, важелі, візки тощо).

З усіх трьох етапів ергономічного рівняння значення етапу «Вільний рух» найчастіше недооцінюється і, можливо, ігнорується при виконанні останнього етапу «Час для відновлення сил», що набагато більш критично.

3. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ

Трудова активність людини багато в чому визначається умовами, в яких він працює. До них, перш за все, відносяться робочий простір і робоче місце.

Згадаємо, що:

- Під робочим простором розуміється певний обсяг, призначений в робочій системі для трудової діяльності однієї людини або більшої кількості людей і дозволяє виконати робочу задачу.
- Робочим місцем називається та частина робочого простору, де розташовується виробниче обладнання, з яким взаємодіє людина в робочому середовищі.
- Робоче завдання – це мета, яка повинна бути досягнута в певних умовах, і необхідні дії для виконання завдання людиною або більшою кількістю людей.

Все це показує, що робочий простір і організація робочого місця, досяжність і величина зусиль на органи управління, а також характеристики оглядовості обумовлюються, насамперед, положенням тіла працюючого. Найбільш поширені робочі положення: стоячи і сидячи. Кожне з положень характеризується певними умовами рівноваги, ступенем напруги м'язів, станом кровоносної та дихальної систем, розташуванням внутрішніх органів і, отже, витратою енергії.

Вибір робочого положення пов'язаний з розмірами простору рухів людини, величиною і характером (статична, динамічна) робочого навантаження, об'ємом і темпом робочих рухів, необхідної ступенем точності виконання операцій, особливостями предметно–просторового оточення.

3.1. Методика аналізу просторового компонування робочого місця

Параметри виробничого обладнання та робочого місця умовно ділять на три групи: габаритні, вільні і компонувальні (зв'язані).

Серед габаритних слід розрізняти габаритні параметри в цілому і габаритні параметри окремих елементів.

Габаритні параметри робочого місця в цілому (обсяг, висота, ширина, глибина, площа) характеризують граничні розміри зовнішніх його границь, якщо робоче місце не має огорожень (верстат, пульт, конвеєр і т.п.), або розміри його внутрішніх границь, якщо робоче місце має огорожу (кабіна).

Габаритні параметри окремих елементів визначають об'єм робочого простору в цілому і його планування.

У межах габаритних параметрів розглядаються вільні і компонувальні параметри.

Вільні параметри – це параметри окремих елементів робочого місця, які не мають спільних баз відліку, а отже не пов'язані один з одним. Вільні параметри можуть бути регульованими (змінними, наприклад, робоче крісло) і нерегульованими (постійними, наприклад, висота робочої площини конвеєру).

Компонувальні параметри – характеризують положення окремих елементів робочого місця відносно один одного і працюючої людини. До них відносяться відстані між елементами робочого місця, межі досяжності в моторному просторі, зони оптимального бачення, висотні співвідношення між робочою поверхнею, сидінням і підставкою для ніг, розмах рухів приводних елементів органів управління і т.д.

Компонувальні параметри можуть бути постійними і змінними (регульованими). Регулювання можлива за рахунок регулювання вільних параметрів і за рахунок рухливості елементів робочого місця.

Аналіз просторового компонування робочого місця складається з двох етапів: підготовчого і основного.

Схема проведення підготовчого етапу:

- Визначити тип робочого місця згідно запропонованої ДСТУ класифікації. Виділити особливості робочого місця, якщо такі є.
- Скласти номенклатуру засобів праці на робочому місці. Виділити основні і допоміжні засоби праці.

(Класифікація засобів праці:

- Основні засоби праці – безпосередньо виконують операції технологічного процесу.
- Допоміжні засоби праці – мають підсобне значення і призначені для забезпечення умов роботи основного обладнання. За характером призначення допоміжне устаткування ділиться на технологічну і організаційну оснастку.
 - ✓ Технологічне оснащення – забезпечує більш ефективну експлуатацію основного виробничого обладнання.
 - ✓ Організаційна оснастка – забезпечує ефективнішу організацію людини шляхом створення зручності та безпеки в експлуатації і обслуговуванні виробничого обладнання.)
- Скласти перелік всіх органів управління в порядку важливості і частоти використання.
- Розділити органи управління на групи згідно запропонованої класифікації:
 - органи ручного і ногоного управління;
 - органи управління постійної, періодичної або епізодичної дії;
- Скласти перелік засобів контролю.
- Скласти перелік технологічного та організаційного оснащення, визначивши їх з технічної документації.
- Визначити зони сенсорної і моторної активності, виділивши серед них постійні, періодичні та епізодичні.

Схема проведення основного етапу:

- Викреслити ескіз робочого місця в трьох проекціях (вид зверху, спереду, збоку).
- На ескізах зобразити всі елементи робочого місця, з якими працює і взаємодіє робітник в процесі праці.
- Визначити бази відліку, від яких слід вимірювати компонувальні параметри робочого місця, в кожній виділеній зоні сенсорної активності і зобразити їх на кожному ескізі.
- Скласти перелік компонувальних параметрів робочого місця, що підлягають вимірам та аналізу. Нанести на ескіз габаритні і компонувальні параметри робочого місця.
- На основі ескізів виконати креслення робочого місця.

3.2. Особливості застосування антропометричних даних

При розрахунку компонувальних і вільних параметрів використовують антропометричні дані. Антропометричні дані по способам вимірювань і залежно від сфери використання поділяють на статичні та динамічні.

Статичні антропометричні дані

Статичні антропометричні дані – це розміри тіла, вимірювані одноразово в статичному положенні людини. Ці дані використовуються для розрахунку вільних параметрів елементів робочого місця та для визначення діапазону регулювання змінних параметрів. У свою чергу вони поділяються на габаритні розміри і розміри окремих частин тіла.

Габаритні розміри – найбільші розміри тіла в різних його положеннях і позах, орієнтовані в різних площинах (розмах рук, найбільший поперечний діаметр тіла, горизонтальна і вертикальна досяжність рук і т.п.). Вони вимірюються за найбільш віддаленими точками тіла і використовуються для розрахунків параметрів простору, займаного тілом людини в різних положеннях і позах, проходів, прорізів, сходів, люків, лазів, безпечних відстаней і т. п., а також для розрахунків максимальних і мінімальних меж досяжності рук і ніг.

Серед розмірів окремих частин тіла розрізняють розміри кінцівок і корпусу, розміри кисті, стопи і голови. Вони необхідні для розрахунків габаритних і вільних параметрів елементів робочого місця.

І габаритні розміри, і розміри окремих частин тіла діляться на подовжні, поперечні та передньозадні, а також на проєкційні і прями.

Ергономічні антропометричні ознаки за біологічними законами мінливості не виділяються в особливу групу, відмінну від класичних. Від останніх вони відрізняються в основному по орієнтації в просторі.

Розрахунки та вимірювання компоувальних параметрів робочого місця слід проводити в ортогональній системі координат із зовнішньою відносно тіла людини базою відліку.

Бази відліку для вимірювання параметрів робочих місць

Для розрахунків ергономічних параметрів робочих місць і виробничого устаткування на основі антропометричних даних при проектуванні, а також для їх вимірювань на робочому місці з метою проведення ергономічного аналізу та оцінки, слід використовувати уніфіковані бази відліку, які не вимагали б при їх знаходженні складних перерахунків або застосування спеціальних пристроїв. Бази відліку для вимірювань і розрахунків габаритних, вільних і компоувальних параметрів робочих місць різні.

Для розрахунків і вимірювань внутрішніх габаритних параметрів робочого місця за бази відліку приймаються уявні обмежувальні площини, дотичні до найбільш виступаючим усередину робочого простору точок елементів робочого місця, що обмежують розмах рухів і проходження працюючого (приводні елементи органів управління, щиток, обігрівач, плафон, огорожувальний пристрій, тощо). Наприклад, ширина кабіни екскаватора вимірюється як проєкційна відстань між виступаючими всередину елементами, розташованими на правій і лівій її стінках на рівні плечового пояса машиніста в положенні сидячи.

Базами відліку для розрахунків і вимірювань габаритних параметрів окремих елементів робочого місця (сидіння, щитка, кнопки і т.п.) будуть найбільш виступаючі по висоті, ширині і глибині точки краю і т.п. вимірюваного елемента робочого місця. Наприклад, загальна висота робочого

сидіння розглядається як висота над підлогою верхнього краю спинки в самому її високому становищі (при найбільшій висоті сидіння).

Бази відліку вільних параметрів робочого місця знаходять в межах вимірюваного елемента робочого місця. Для кожного параметра вони будуть різні. Наприклад, ширина сидіння вимірюється як пряме відстань між його правим і лівим краями. Довжина педалі – відстань між центральними точками переднього і заднього краю і т.п. Часто розміри, які є для робочого місця в цілому вільними, для вимірюваного елемента є габаритними.

Бази відліку для розрахунків компоновальних параметрів різні, і вибір їх залежить від вибору параметра, але, як правило, ними є обмежувальні площини.

Так як в сучасній науковій і довідковій літературі представлені в основному статичні антропометричні ознаки, то і пропонується система відліку кордонів моторного простору вибрана з умовою використання тільки цієї групи ознак.

Вимірювання і розрахунки кордонів досяжності на робочому місці виробляють в основних ортогональних площинах: горизонтальній, фронтальній і сагітальній (профільній), – використовуючи зовнішню систему відліку (поза тілом).

Нульові точки відліку розташовуються на наступних площинах (рис.1).

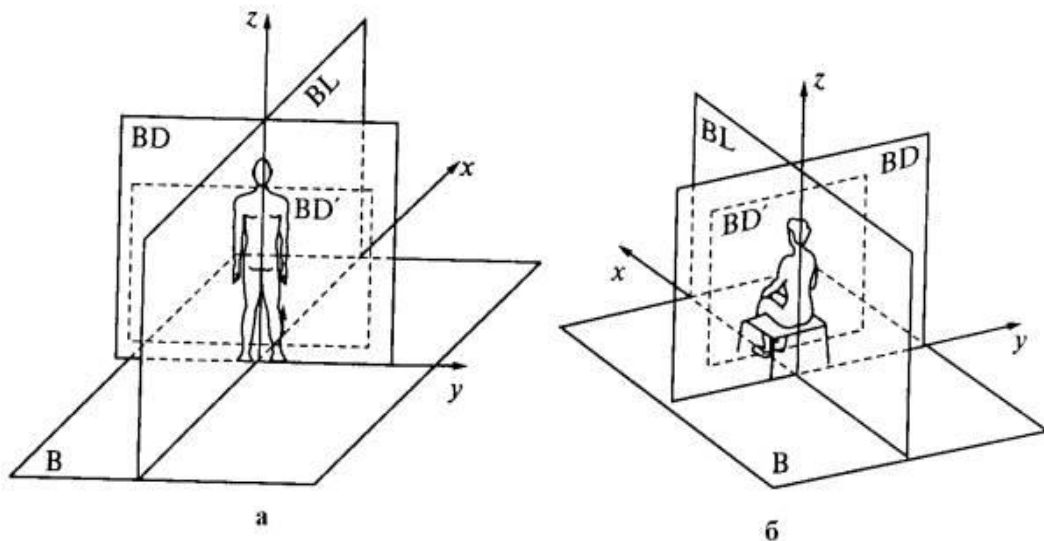


Рис. 1. Системи координат, що використовуються при розрахунках ергономічних параметрів робочих місць: а – в положенні стоячи; б – в положенні сидячи

У положенні стоячи:

- на горизонтальній площині В (підлога або інша опорна поверхня для стоп, наприклад підставка для ніг, педаль і т.п.);
- на фронтальній площині BD' (уявна площину, дотична до переднього краю обладнання);
- на серединно–сагітальній площині (профільній) BL, що збігається з однойменною площиною тіла.

У положенні сидячи:

- на горизонтальній площині В (підлога або інша опорна поверхня для стоп);
- на фронтальній площині:

а) дотичній до переднього краю обладнання (BD), якщо сидіння вільно–рухомий;

б) дотичній до найбільш виступаючої точки спини або спинки сидіння (BD') при закріпленому сидінні або за наявності його рухливості по направляючої вперед–назад;

- на серединно–сагітальній площині VL, що проходить через середину сидіння (профільна) і збігається з однойменною площиною тіла при випрямленій корпусі.

Слід зауважити, що багато з цих площин, крім фронтальної площини, паралельній передньому краю обладнання, були використані як бази відліку при вимірах антропометричних ознак. Тому в якості кінцевих точок розрахунків будуть найбільш віддалені від цих площин точки тіла (верхівкова; III пальцева точка витягнутої вперед руки; надколінна чашечка; кінцева точка стопи і т. п.) і, відповідно, ті елементи обладнання, які працююча людина може (або не може) вільно, без напруги, дістати, не змінюючи положення тіла і пози. На кожному робочому місці в кожній ділянці моторного простору кінцеві точки будуть різні (центр кнопки, лобове скло і т.п.).

Опорні поверхні можуть бути первинними – базовими (рівень підлоги), і вторинними – обумовленими щодо рівня підлоги (підставка для ніг, педаль, сидіння, підлокітник, робоча поверхня). Висота органів управління і засобів індикації може вимірюватися як щодо первинної, так і щодо вторинних поверхонь. Вибір поверхні відліку проводиться виходячи з конкретних умов. Висота вторинної поверхні завжди повинна бути визначена щодо базової.

Переднім краєм обладнання слід вважати передній (ближній до працюючого) край стільниці, панелі пульта, станини верстата або виступаючі за ці краї приводні елементи органів управління (важелі, маховики, педалі і т.п.), тобто ті елементи обладнання, положення яких не дозволяє робітнику підійти ближче до обладнання.

Для розрахунків співвідношень між висотою робочої поверхні, висотою сидіння і висотою підставки для ніг основною базою відліку служить підлогу.

Базами відліку для розрахунків оптимальних відстаней або оцінки вже розрахованих відстаней між приводними елементами органів управління (параметри групування органів управління) слід вважати найбільш виступаючі точки країв двох сусідніх приводних елементів при їх нейтральному положенні. Прийняті в техдокументації відстані між осями (центрами) приводних елементів не є ергономічними параметрами, так як не розраховуються на основі розмірів пальців і кисті, а є похідними: спочатку розраховують діаметр або ширину і довжину приводного елемента, потім відстань між краями сусідніх елементів, в результаті чого отримують відстань між поздовжніми осями. Відстані між поздовжніми осями кнопок і клавіш вимірюють і оцінюють в тих випадках, коли їхні краї замикаються.

4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТА ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

4.1. Правила обліку антропометричних даних при розрахунках ергономічних параметрів робочих місць

Дані про будову тіла людини, його форму, розміри, їх варіабельності і розходження в залежності від статі, віку, етнотериторіальних особливостей, роду занять, приналежності місту чи селу та інших факторів необхідні для:

- конструювання технічних засобів діяльності (верстатів, підйомно-транспортних машин, медичного обладнання, меблів, виробів культурно-побутового призначення, спортивного інвентарю тощо);
- засобів колективного та індивідуального захисту;
- одягу і взуття;
- атестації та паспортизації робочих місць;
- ергономічної експертизи готової продукції.

Обов'язковий і коректний облік розмірів тіла дозволяє створити в значній мірі оптимальні умови для підтримки раціональної робочої пози і виконання робочих рухів. А саме: розрахувати кордони досяжності для рук і ніг; розрахувати параметри безпечних робочих просторів і доступів до вузлів монтажу, налагодження і ремонту; безпечних відстаней, проходів, аварійних виходів, сходів; огорожувальних пристроїв, майданчиків, тимчасових допоміжних споруд і т. п.

Ергономічні розміри тіла – це насамперед інструмент проектування (організації) робочої пози шляхом розрахунку на їх основі ергономічних параметрів елементів робочих місць та їх просторової організації. Серед останніх особливу увагу заслуговують опорні поверхні (поверхня сидіння, спинки, підлокітників; робоча поверхня і підставка для ніг), які постійно і безпосередньо стикаються з тілом працюючого і є вихідними при розрахунках інших параметрів робочого місця.

Стосовно завдань ергономіки і конструювання виділяються ергономічні антропометричні ознаки або ергономічні розміри тіла. Вони відрізняються від класичних розмірів тіла тим, що зовні орієнтовані в просторі так само, як і робочі рухи і пози, а отже, відповідають орієнтації параметрів виробничого устаткування (висота, ширина, глибина). Крім того, ергономічні розміри тіла відмінні за структурою, базами відліку, способам вимірювань і т. п. Параметри робочих місць вимірюються в різних положеннях тіла (стоячи, сидячи, лежачи) і позах (руки витягнуті в сторони, вгору, корпус випростаний, нахилений вперед, відкинутий назад). При вимірі цих ознак як баз відліку найчастіше використовуються обмежувальні площини. Ергономічні антропометричні ознаки за способами вимірювань і залежно від сфери використання поділяються на статичні і динамічні. Ті й інші, в свою чергу, діляться на габаритні розміри і розміри окремих частин тіла (лінійні, периметрові та кутові). Лінійні розміри, в свою чергу, діляться на периметрові, поперечні, передньо-задні і т. п.

Статичні антропометричні ознаки – це розміри тіла, що виміряні одноразово в статичному положенні випробуваного. Умовність і збереження сталості пози забезпечують ідентичність вимірювань. Ці ознаки використовуються для розрахунку вільних параметрів елементів робочих місць,

для визначення діапазону регулювання змінних параметрів, конструювання манекенів, створення математичних моделей тіла людини.

До динамічних антропометричних ознак належать розміри тіла, що змінюють свою величину при кутових та лінійних переміщеннях вимірюваної частини тіла в просторі. Лінійні зміни можуть виражатися в абсолютних величинах і у вигляді приростів (ефект руху тіла). Динамічні антропометричні ознаки використовуються для визначення: амплітуди робочих рухів; величини робочих переміщень приводних елементів органів управління; розмірів зон моторного простору.

Крім цього, у відповідності до ергономічного рівняння, обов'язковим елементом у створенні ергономічного робочого місця є вільний рух, який оптимізує зусилля, що необхідні нашому тілу для підтримки балансу і запобігання утворення токсинів, що виникають внаслідок статичної пози.

Оскільки метою вільного руху є підтримання рівноваги і балансу нашого тіла і усунення застійних явищ, які провокують статичні пози, то визначення вільного руху також базується на антропометричних даних тих, хто буде працювати на робочому місці.

При розрахунках параметрів робочого місця на основі антропометричних даних необхідно враховувати:

- обрану систему координат і відповідні бази відліку;
- робоче положення працюючого;
- можливість зміни положення тіла;
- величину розмаху робочих рухів;
- кількість елементів робочого місця;
- параметри оглядовості;
- вимоги обмеження робочого простору (кабіни, площадки, відсіки і т. п.);
- можливість регулювання параметрів елементів робочого місця;
- можливість рухливості елементів робочого місця (сидіння, підставки для ніг, педалі).

При використанні числових значень антропометричних ознак слід враховувати їх особливості, обумовлені статтю, віком, національністю та іншими факторами. Особливу увагу потрібно звертати на значні статеві відмінності здебільшого антропометричних ознак, оскільки багато елементів виробничого обладнання призначені одночасно і для чоловіків, і для жінок. Ці відмінності в розмірах досить значні для становища як стоячи, так і сидячи. Так, поздовжні розміри в положенні стоячи (висота над підлогою) у чоловіків більше, ніж у жінок на 7–12 см, а в положенні сидячи (висота крапок над сидінням) – на 3–6 см; поперечні, передньо–задні і розміри за периметром по відношенню до верхньої частини тіла у чоловіків більше, ніж у жінок, на 1–3 см, але по відношенню до нижньої частини тіла (таз і стегна) – у жінок більше, ніж у чоловіків на 2–4 см; габаритні розміри у чоловіків також більше: довжина руки на 7–15 см, а довжина ноги – на 6–19 см.

Національні відмінності по групах розмірів дещо менше, ніж статеві, але також значні, особливо по поздовжніх розмірах в положенні стоячи. Виняток становлять такі ознаки: висота над сидінням (плеча, шийної точки, нижнього

кута лопатки, лінії талії, ліктя, стегна); спинка сидіння – коліно; передня досяжність для руки; ширина двох колін; ширина двох стоп.

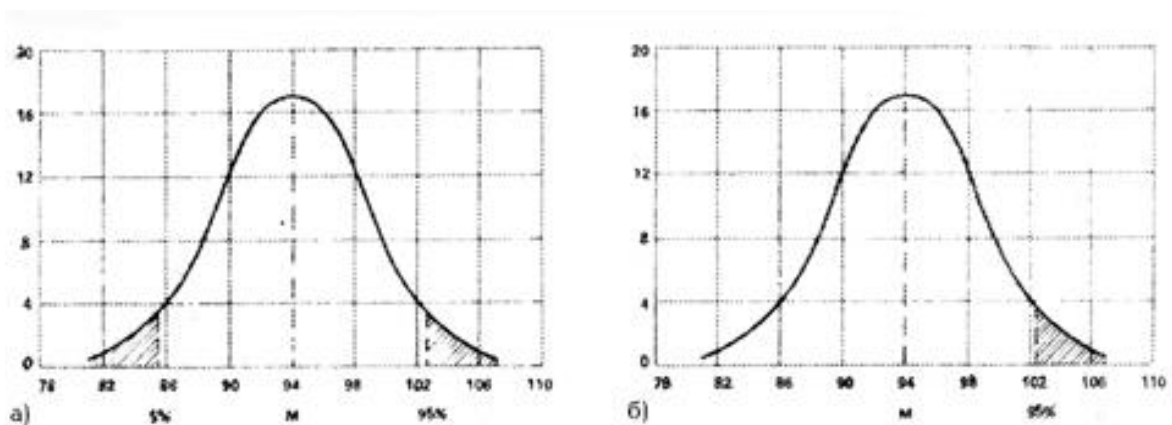
Вікові відмінності антропометричних ознак дорослого населення виражені нерізно. Є тенденція до збільшення (на 5 см) всіх поздовжніх розмірів у осіб молодого віку (20–29 років) і поперечних, передньо–задніх і обхоплювальних розмірів в осіб старшого віку (30–50 років).

При розрахунку параметрів обладнання по висоті слід враховувати, що найбільші статеві, національні та вікові відмінності спостерігаються в поздовжніх розмірах тіла в положенні стоячи. У положенні сидячи ці відмінності зменшуються або зовсім зникають. Це пояснюється тим, що в першому випадку до складу розмірів входить довжина ноги – ознака сильно варіююча, що збільшилася за останні 100 років на 7–8 см. У другому випадку до складу розмірів входить довжина тулуба – ознака слабаваріююча, що мало змінилася в процесі акселерації (всього на 1 см).

В основу загальних правил використання антропометричних даних при розрахунку параметрів робочих місць і виробничого устаткування покладено метод перцентилів.

Перцентиль (відсоток) – значення антропометричної ознаки для соті частки сукупності виміряних людей.

Якщо криву розподілу всієї сукупності виміряних людей розділити на 100 рівних частин, то отримаємо 99 площ, у кожній з яких буде своє значення ознаки і частота її зустрічальності.



(Розмах рук, зігнутих у ліктях (чоловіки, росіяни, 18-21 рік, $M = 91,18$ см; $G = 4,61$ см)

**Рис. 2. Площа під нормальною кривою:
а) - 90% кількості споживачів; б) - 95%**

Кожен перцентиль має свій порядковий номер; 1–й перцентиль відсікає у розподілі частоти найменших значень антропометричної ознаки, що становлять 1% від суми всіх частин; 2–й перцентиль – значення, що становлять 2%, і т. д.; 50–й перцентиль в нормальному розподілі відповідає середньої арифметичної величини. Середня величина ознаки – це та, нижче якої виявляється близько половини населення. Якщо б розміри дверей відповідали лише середнім розмірам тіла людини, то 50% відвідувачів громадських будівель розбивали б свої лоби про прітолку.

Числові значення антропометричної ознаки, що відповідають верхній або нижній межі обраного обсягу працюючих, називаються пороговими. Вони є антропологічними критеріями при розрахунку параметрів робочих місць на основі методу перцентилів.

4.2. Правила розрахунку вільних і компоновальних параметрів робочого місця

При розрахунках ергономічних параметрів робочих місць на основі антропометричних даних необхідно враховувати:

- положення тіла працюючого (стоячи, сидячи, лежачи), а також можливість його зміни;
- величину розмаху робочих рухів; необхідність (або її відсутність) обмеження робочого простору (кабіни, відсіки, майданчики тощо);
- можливість регулювання параметрів робочого місця;
- можливість пересування сидіння, педалі, підставки для ніг;
- параметри оглядовості та ін.

При використанні антропометричних даних слід (рекомендується):

- передбачати якомога більшу кількість регульованих параметрів виробничого обладнання та робочих місць;
- розглядати всю безліч антропометричних ознак як однаково необхідну, вишукуючи їх значимість при аналізі конкретних об'єктів виробничого обладнання;
- враховувати, що бази відліку при розрахунках параметрів машини не повинні суперечити тим, які використовуються при вимірюванні розмірів тіла;
- допускати округлення цифрових значень антропометричних ознак, що використовуються, тільки в межах 1 см і 1 °;
- знати, що не існує людини, всіх розмірів тіла якого відповідали б тільки середнім арифметичним значенням або тільки 5–му чи 95–му перцентилію; це лише умовне припущення.

Не рекомендується:

- розраховувати параметри машини на основі середніх арифметичних значень антропометричних ознак;
- використовувати антропометричні дані значної давності (20–25 років);
- використовувати антропометричні дані, наведені в довідниках, монографіях тощо, якщо не вказані рік збирання матеріалу, стать, вік і національність контингенту досліджуваних, чисельність обстеженої групи населення;
- орієнтуватися на розміри тіла, що взяті в положенні стоячи, для розрахунків параметрів робочих місць, які призначені для роботи сидячи;
- отримувати основні ергономічні розміри шляхом складання окремих класичних розмірів;
- застосовувати закордонні дані.

Процес використання розмірів тіла при розрахунках ергономічних параметрів робочих місць і виробничого устаткування можна згрупувати в декілька правил, основу яких становить метод перцентилія.

Основні правила розрахунку:

Правило 1. Визначити характер контингенту споживачів, для якого призначене обладнання (стать, вік, національність, рід занять, однорідність або змішаність групи за вказаними вище ознаками). Наприклад, промислові робочі України – це чоловіки і жінки різного віку, різної етнічної приналежності, що проживають у різних регіонах країни. Усередині когорти промислових робітників є групи, що різко відрізняються по роду діяльності, а отже, розділяються за тими технічними засобами, які вони використовують. Так, на конвеєрах (крім конвеєрів для складання важких деталей) працюють в основному жінки різного віку, у верстатобудуванні – чоловіки (більшість) і жінки, в текстильній і харчовій промисловості – в основному жінки, в електронній промисловості – молоді жінки, на підйомно–транспортних машинах – в основному чоловіки і т.д.

Слід враховувати стрімке збільшення розмірів тіла у молодого покоління в порівнянні із старшим.

Знання процентного співвідношення споживачів за статтю, віком, національністю, приналежності місту чи селу і т.п. важливо для підвищення ступеня задоволеності працюючих з технікою.

Правило 2. Скласти перелік конкретних ергономічних параметрів робочого місця, які будуть розраховані на основі розмірів тіла працюючого. При цьому слід визначити:

- тип робочого місця відповідно до запропонованої класифікації;
- приналежність параметра до групи габаритних, вільних або компонувальних;
- орієнтацію параметра в просторі (ширина, висота, глибина);
- можливість регулювання параметра або відсутність цього;
- можливість пересування елементів робочого місця (рухливість сидіння, переміщення педалей, висунення робочих поверхонь, пересування пультів на гнучких шлангах, рухливість всього поста управління і т. п.);
- можливість пересування працюючого або відсутність цього.

Правило 3. Вибрати антропометричну ознаку, яка необхідний для розрахунку того чи іншого параметра машини. При виборі ознаки слід враховувати:

- робоче положення тіла працюючого;
- особливості робочої пози (корпус нахилений, випростаний, руки на вазі або на підлокітниках, ноги на підлозі або на підставці, на педалях і т.п.);
- особливості антропометричної ознаки, обумовлені статтю, віком, національністю, родом занять і т.п.

Правило 4. Вибрати крайні перцентильні значення ознаки і цим визначити обсяг задоволених споживачів. Цей вибір в першу чергу пов'язаний з наявністю або відсутністю регулювання параметру, який розраховується.

Контрольні питання

- Фізіологічні особливості рухового апарату людини
- Чим характеризується вільний рух?
- Яким чином аналізується просторове компонування робочого місця?
- Особливості застосування антропометричних даних
- Правила обліку антропометричних даних
- Що уявляє собою метод перцентилів?
- Основні правила розрахунку параметрів робочого місця

Лекція 12. КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОЧОЇ ПОЗИ

1. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОЧОЇ ПОЗИ

Вихідним моментом при розрахунках розмірів досяжності для рук і ніг в межах простору рухів людини (див табл. 1) служить оптимальна робоча поза. Незручна поза, викликана недостатнім простором для ніг при роботі сидячи, призводить до значного зниження точності тонких ручних операцій.

Таблиця 1

Оптимальна робоча поза

Робоча поза	Характеристика оптимальної робочої пози	Умови для підтримки оптимальної робочої пози
Положення стоячи	Корпус випростаний Рівномірна опора на обидві стопи Відсутність крайніх положень в суглобах верхніх кінцівок Економічність робочих рухів	Можливість зміни пози Можливість короткочасного відпочинку сидячи Наявність підставки для ніг Відсутність педалі Оптимальні розміри моторного простору
Положення сидячи	Корпус випростаний Збережено природні вигини хребетного стовпа і кут нахилу таза Тупі кути в суглобах нижніх кінцівок Відсутність крайніх положень в суглобах верхніх кінцівок Економічність робочих рухів рук, опора на обидві стопи Відсутність частих нахилів тулуба і поворотів голови	Можливість зміни пози Форма і розміри робочого сидіння Наявність опори для всієї спини Наявність підлокітників Наявність підголівника Можливість відкидання спинки сидіння для відпочинку Оптимальне співвідношення висоти сидіння і робочої поверхні Оптимальні розміри моторного простору Наявність підставки для ніг (регулювання висоти сидіння і підставки для ніг)

2. ПРИНЦИПИ ЕКОНОМІЇ РУХУ

При організації робочого місця кінцевою метою є економія енергії витрачається при рухах. **Принципи економії руху** можна звести до шести пунктів:

1. Одночасність і симетричність рухів.

Аналіз трудових процесів показав, що в більшості випадків працівник діє тільки однією рукою, що викликає перевантаження м'язів однієї руки і швидке стомлення. Говорячи про роботу двома руками слід, враховувати наступні правила:

а) обидві руки повинні починати і закінчувати рух в один і той же момент;

б) рух рук може бути протилежно спрямованими за умови, що ці рухи будуть симетричними;

в) обидві руки можуть не діяти тільки в період відпочинку.

Робота рук як правило контролюється зоровим аналізатором, що вимагає витрати додаткової енергії і займає більше часу. При виконанні такої простої роботи як укладання предмету, потрібно вибрати потрібний предмет поглядом, визначити його положення, щоб можна було легко захопити його, стежити за його переміщенням і контролювати поглядом правильність укладання цього предмета. Сліпий метод письма на машинці та інші види робіт, що виконуються без візуального контролю рухів рук, забезпечують більш високу продуктивність праці і знижують стомлюваність.

При виконанні складних видів робіт обидві руки часто діють в занадто віддалених одна від одної зонах, щоб можна було одночасно стежити за їхньою роботою. Рух голови й очей завжди викликає втому. Тому організація робочого місця повинна забезпечувати автоматичність рухів і не вимагати участі органів зору. З метою зменшення зони дії рук і рухів очей необхідні для роботи предмети слід розміщувати поблизу робочої зони.

2. Економічність рухів

Рухи завжди повинні бути економічними, тобто найбільш простими. Всі рухи прийнято розділяти на п'ять класів:

1. Рух пальців.

2. Рух пальців і кисті.

3. Рух пальців, кисті та передпліччя.

4. Рух пальців, кисті, передпліччя і плеча.

5. Рух пальців, кисті, передпліччя, плеча і всього тіла.

Фізіологи встановили, що стомлення залежить від кількості м'язів, що беруть участь в процесі праці, та фізичного навантаження на окремі м'язи. Більш прості рухи (класу 1,2,3) вимагають менше часу і зусиль і дозволяють виконувати роботу сидячи. Все це викликає менше стомлення. Тому при організації робочого місця слід так розташовувати вироби та інструменти, щоб працівник міг використовувати тільки прості рухи. Якщо це неможливо і потрібно використовувати рухи класу 4 і 5, слід розташовувати деталі й інструменти на висоті робочого поля.

3. Безперервність і плавність рухів.

Безперервні і плавні рухи (по дузі) більш економічні, ніж прямолінійні з різкими змінами напрямків. З практики відомо, що робота, що вимагає прямолінійних рухів з різкою зміною напрямків, на 20% забирає більше часу, раніше викликає стомлення м'язів і вимагає більшої психічної напруги.

4. Правильне переміщення предметів

При переміщенні будь-якого предмета м'язи людини виконують певну роботу, пов'язану з подоланням сили тяжіння. Величина роботи залежить від:

- ✓ відстані (колії), яку долає рука, що переносить предмет;
- ✓ ваги предмета;
- ✓ способу переміщення предмету.

На початку руху працівник надає предмету прискорення, а в кінці руху він повинен почати гальмування, щоб точно помістити цей предмет у потрібне місце. Весь цей процес вимагає витрат енергії. Знизити енерговитрати можна за рахунок:

- ✓ коротких і плавних рухів;
- ✓ зменшення ваги інструменту і матеріалу;
- ✓ врівноважування ваги переміщуваного вантажу за допомогою противаги або пружини;
- ✓ підбору оптимальної швидкості руху рук з метою зниження енерговитрат на прискорення і гальмування.

5. Ритмічність роботи.

Ритмічністю називається повторюваність робочих циклів за однакові проміжки часу. Ритмічність забезпечує менше витрачання енергії м'язами і дозволяє добитися автоматизму рухів, завдяки чому досягається висока продуктивність праці.

6. Переважне використання вільних, а не контрольованих рухів.

У фізіології контрольованими рухами називають руху, що виникають в результаті дії м'язів антагоністів. При цьому одна група м'язів діє в одному напрямку, а інша група протидіє їй, гальмуючи і регулюючи рух. До таких рухів можна віднести креслення, вимірювання, монтаж.

Вільні руху є наслідком дії однієї групи м'язів. Наприклад, вбивання цвяха. При виконанні цієї операції певна група м'язів приводить у рух молоток, який гальмується при зіткненні з цвяхом. Вільні рухи завжди більш швидкі й економічні.

Всі ці принципи взаємозв'язані і їх слід завжди розглядати в комплексі.

3. РОБОТА СИДЯЧИ

Робоче місце для виконання робіт сидячи організують при легкій роботі, що не вимагає вільного пересування працюючого, а також при роботі середньої тяжкості у випадках, обумовлених особливостями технологічного процесу.

Перевага роботи в положенні сидячи визначається:

- Меншими витратами енергії. Вони лише на 15% – 20% більше, ніж в положенні лежачи, а положення стоячи вимагає енерговитрат на 15% – 30% більше, ніж в положенні сидячи;
- Меншим застоєм крові в нижніх кінцівках;
- Найкращими умовами для виконання і точної роботи;
- Можливістю використовувати нижні кінцівки для управління.

Положення тіла. Для підтримки положення тіла в просторі (пози) в роботу включається безліч м'язів. У тих випадках, коли умови роботи

вимагають тривалого збереження певної пози, необхідно брати до уваги, що тривало виконувана робота м'язів у статичному режимі викликає у людини відчуття втоми і втоми. Швидкість втоми залежить від прикладеного зусилля.

Універсальних місць для сидіння, придатних для всіх видів робіт не існує. Конструкція місць для сидіння впливає на продуктивність праці, тому стілець (крісло) треба розглядати як важливий робочий "інструмент". Коли людина сидить правильно, між сідничним бугром і сидінням знаходиться тільки шкіра і підшкірна жирова клітковина. При неправильній позі в зону тиску потрапляють м'язові волокна. Це приносить із собою больові відчуття.

Комфортність сидіння впливає також на кровотік у нижніх кінцівках, який може порушуватися через пережими кровоносних судин. Найбільш часто це буває, коли створюється надмірно великий тиск в нижній частині стегна при відсутності торкання підлоги стопою.

У положенні сидячи без підтримуючої спинки сили, що діють на таз людини при розслабленні м'язів, призводять до розвороту таза назад (дозаду). Для протидії цьому моменту сил людина змушена нахилити тулуб за рахунок зменшення величини фізіологічного лордозу в поперековому відділі хребта. Така поза здається людині більш прийнятною, але при цьому різко підвищується тиск в міжхребцевих дисках, що призводить до ранньої їх дегенерації.

Дія цього моменту взаємодії може бути до певної міри нейтралізована опорою на спинку і підбором матеріалу для сидіння з великим коефіцієнтом тертя. Ця поза крім естетичних моментів зберігає фізіологічний лордоз.

У разі необхідності фіксації погляду на низько розташованих предметах людина змінює свою позу і тулуб, нахиляється вперед. При цьому зростають навантаження на м'язи голови і спини, що призводить до їх швидкого стомлення. Хронічне стомлення певних м'язових груп, яке повторюється кожен робочий день, протягом місяців і років, може призвести до ряду захворювань. Дослідження показали, що людина може витримати протягом дня робочу позу, при якій нахил тулуба не перевищує 20°. Будь-яке додаткове згинання вперед викликає швидке стомлення і суб'єктивно важко переноситься.

Ступінь збереження поперекового лордозу в положенні сидячи залежить і від положення ніг. Для зручного розміщення ніг під час роботи необхідно певний простір. Незручна поза, яка викликана нестачею простору для ніг при роботі сидячи, призводить до значного зниження точності тонких ручних операцій.

Конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів (сидіння, органи управління, засоби відображення інформації і т.д.) повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру роботи.

Основою робочого місця сидячи, найчастіше, є *пульт* і *панелі*, на яких розміщені органи управління (кнопки і клавіші, тумблери, поворотні ручки, маховики, перемикачі, що обертаються, ножні педалі) і засоби відображення інформації. Вони повинні забезпечувати зручний і достатній за розмірами робочий простір для операторів, вільний підхід, місце для ведення записів, перегляду і зберігання поточної інформації (при необхідності).

Найчастіше застосовуються три *форми пультів*:

- фронтальна, при нагоді розміщення всіх органів управління в межах зон максимальної і допустимої досяжності, а засобів відображення інформації – в межах зони центрального і периферичного зору;
- трапецієвидна, в цьому випадку при великому числі органів управління, частину з них частково розташовують на бічних панелях, розгорнутих щодо фронтальної площини під кутом 90... 120°;
- багатогранна або напівкругла, застосовується при значному числі органів управління і засобів відображення інформації. Бічні панелі розташовують так, щоб вони були перпендикулярні лінії погляду оператора. Мінімальний розмір напівкруглого пульта для одного оператора повинен бути 1 200 мм.

Кнопкові та клавішні перемикачі по висоті повинні знаходитися на рівні ліктя сидячої людини при горизонтальному розташуванні передпліччя і зігнутої під кутом 90° в ліктьовому суглобі руки. Раціональний кут нахилу панелі клавіатури дорівнює 15°. Розташовують кнопки і клавіші в ряд горизонтально з відстанню між кромками кнопок не менше 5 мм, а в особливих випадках і вертикально з використанням функціонально–колірного кодування.

Тумблери застосовуються як вмикачі та перемикачі для реалізації функцій, що вимагають двох або трьох дискретних положень. На панелях тумблери мають в своєму розпорядженні горизонтальні ряди. Площина переміщення приводного елемента тумблера повинна співпадати з площиною зору.

Важелі управління, що призначені для точного регулювання, включення–виключення устаткування.

Вимикачі і перемикачі поворотні призначені для плавного або ступінчастого регулювання або перемикання, коли необхідно одержати більше трьох положень. Відстань між поворотними ручками повинна бути не менше 25 мм. Для пізнання ручок тактильним аналізатором (дотиком) їх форми повинні розрізнятися між собою.

Ножні педалі використовують при великих зусиллях і невеликій точності введення управляючих дій, а також для скорочення часу управління і зменшення навантаження на руки. Ширина педалі повинна бути не менше 60 мм і мати рифлену поверхню.

Простір для ніг.

Оптимальна висота простору для ніг визначається сумою висоти сидіння, товщини стегна і величиною X – відстань від стегна до кришки стола. При $X = 0$ стегна впираються в кришку стола, що викликає масу незручностей. Мінімальне значення X – 150 мм, що забезпечує можливість вільно закинути ногу на ногу.

Ширина простору для ніг повинна бути не менше 400 мм, що дозволяє вільно пересувати ноги в бічних напрямках.

Глибина простору для ніг повинна становити 650 мм.

Робочий простір.

Робочий простір характеризується досяжністю органів управління, їх розташуванням і оглядом.

Багато що залежить і від розташування органів управління. Якщо орган управління або предмети праці розташовані занадто далеко попереду (поблизу зони досяжності), то це надмірно збільшує навантаження на м'язи верхнього плечового пояса і міжхребцеві диски за рахунок збільшення моменту сил. Тому розташування органів управління і предметів праці має бути таким, щоб операції руками проводилися поблизу від тіла при мінімальному відхиленні плеча від вертикалі, як у фронтальній, так і в сагітальній площині.

Дія руками

Наближено границю досяжності можна визначити на основі даних про антропометричні розміри частин тіла і їх статистичні розподіли у відповідних групах населення. Це можна зробити, однак, тільки приблизно. Одна з головних причин цього полягає в тому, що люди відрізняються один від одного не тільки загальними розмірами тіла, але і співвідношенням цих розмірів (тобто пропорціями і конституцією тіла). Наприклад, при одній і тій же довжині тіла дві людини можуть мати різну довжину ніг і тулуба. В результаті для одного з них який-небудь елемент обстановки, скажімо вікно, може виявитися розташованим надмірно високо чи, навпаки, низько.

Найбільш досконалий підхід у компонованні робочого простору пов'язаний з використанням моделей, що реалізуються на ЕОМ.

Розміщення елементів управління. Положення тіла.

При розташуванні органів управління необхідно враховувати загальні ергономічні вимоги, що встановлюються Держстандартами, а також бажані напрямки руху і силові можливості працюючих в різних точках робочого простору.

Необхідно відзначити, що практика розташування органів управління таким чином, щоб напрямок їх руху збігався з сагітальною або фронтальною площинами тіла сидячого оператора, є невдалою. У першому наближенні можна рекомендувати сферичну компоновку органів управління в «полярних координатах»: якщо уявити собі сферу з центром в плечовому суглобі працюючого, то бажані напрями руху робочих органів управління – або радіальні (до себе і від себе), або відповідають руху по дузі сфери.

У тих випадках, коли умови роботи вимагають тривалого збереження певного положення тулуба або рук, необхідно брати до уваги навантаження, що припадає на м'язові групи, які забезпечують підтримку пози. Незручна поза приводить до швидкого стомлення.

Швидкість настання втоми залежить від величини прикладеного зусилля.

Конструкцією робочого місця повинно бути забезпечено виконання трудових операцій в межах зони досяжності моторного поля.

Зони досяжності моторного поля у вертикальній і горизонтальній площинах для середніх розмірів тіла людини наведені на рис. 1 і 2.

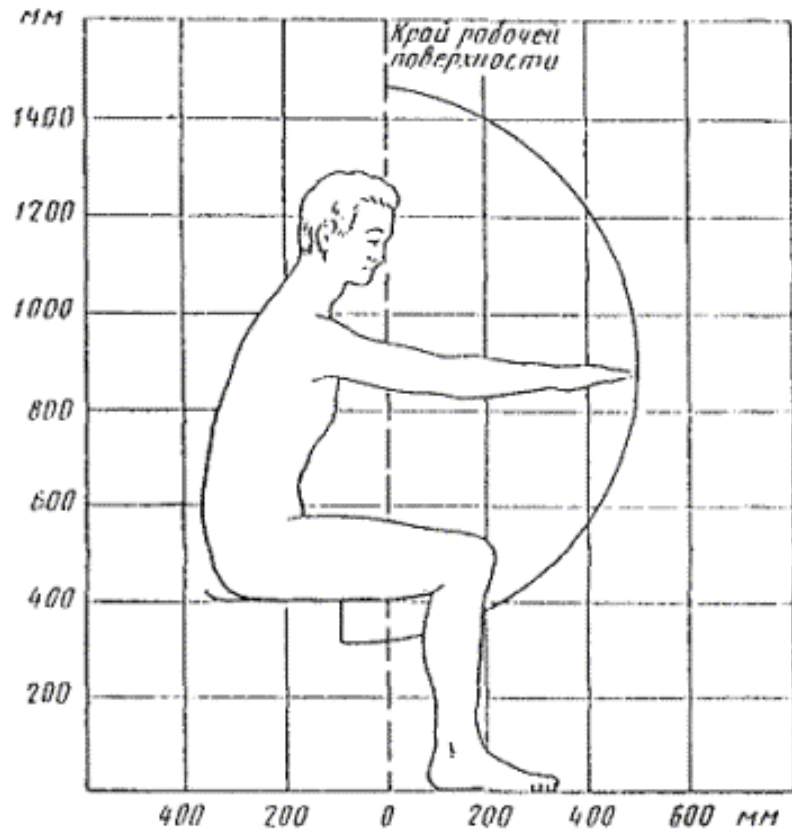


Рис.1. Зона досяжності моторного поля у вертикальній площині

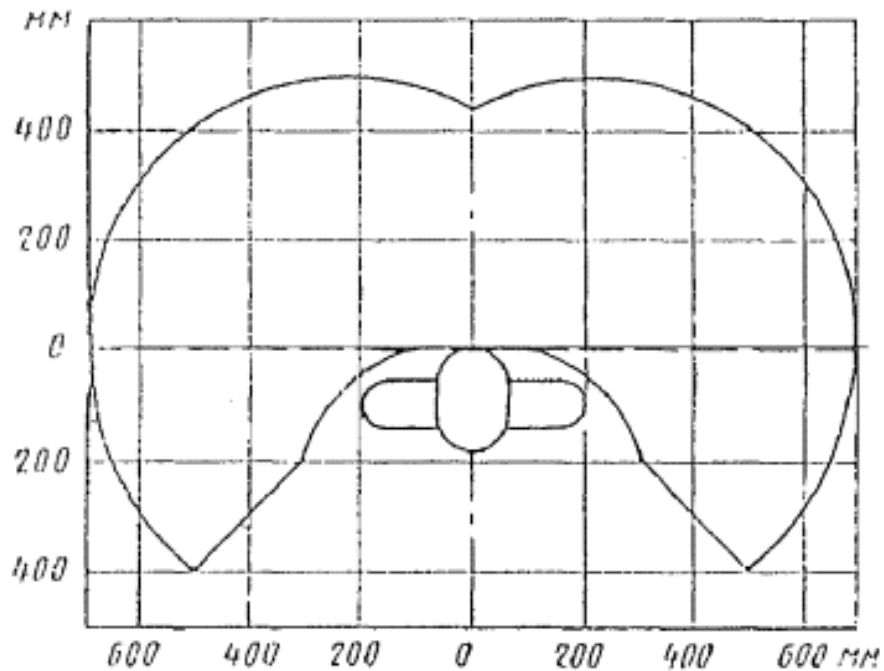


Рис.2. Зона досяжності моторного поля у горизонтальній площині при висоті робочої поверхні над підлогою 725 мм

Виконання трудових операцій «часто» і «дуже часто» має бути забезпечено в межах зони легкої досяжності й оптимальної зони моторного поля, наведених на рис. 3.

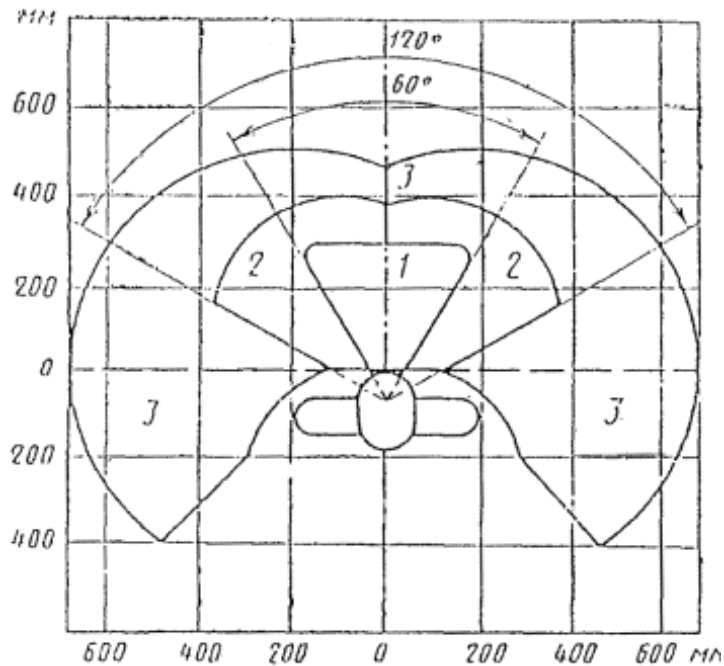


Рис.3. Зони для виконання ручних операцій і розміщення органів управління

1 – зона для розміщення найбільш важливих і дуже часто використовуваних органів управління (оптимальна зона моторного поля), 2 – зона для розміщення часто використовуваних органів управління (зона легкої досяжності моторного поля), 3 – зона для розміщення рідко використовуваних органів управління (зона досяжності моторного поля)

Частоту виконання операцій приймають: дуже часто – дві і більше операцій в 1 хв.; часто – менше двох операцій в 1 хв., але більше двох операцій в 1 годину, рідко – не більше двох операцій в 1 годину

Загальні вимоги до розміщення органів управління (по ГОСТ 22269–76).

При роботі двома руками органи управління розміщують з таким розрахунком, щоб не було перехрещення рук.

Органи управління на робочій поверхні у горизонтальній площині необхідно розміщувати з урахуванням таких вимог:

дуже часто використовуються і найбільш важливі органи управління повинні бути розташовані в зоні 1 (рис. 3);

часто використовувані і менш важливі органи управління не допускається розташовувати за межами зони 2 (рис. 3);

рідко використовувані органи управління не допускається розташовувати за межами зони 3 (рис. 3).

Вище 1100 мм органи управління допускається розміщувати у випадку, якщо з технічних причин розташувати їх до зазначеного рівня неможливо. Такі органи управління повинні використовуватись рідко.

Аварійні органи управління слід розташовувати в зоні досяжності моторного поля, при цьому необхідно передбачити спеціальні засоби розпізнавання та запобігання їх мимовільного і самочинного вмикання відповідно до ГОСТ 12.2.003–74.

При організації постійних робочих місць людини в положенні сидячи рекомендуються такі базові параметри робочого простору:

- ширина робочого простору – не менше 700 мм, а глибина – не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні залежить від висоти крісла оператора;
- рекомендується відстань між висотою робочої поверхні та крісла оператора – 270–280 мм;
- якщо потрібно поверхню для письма, глибина її повинна бути не менше 400 мм, а ширина – не менше 600 мм;
- під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг (висота – не менше 600 мм, ширина – не менше 500 мм, глибина – не менше 400 мм);
- при необхідності огляду робочого місця (пульта) висота його не повинна перевищувати 1200 мм.

Візуальні вимоги до організації робочого простору зводяться до двох основних пунктів: перше – хороший огляд робочого поля, друге – розташування основних об'єктів спостереження в межах оптимальної зони видимості, що дозволяє спостерігати їх без повороту і нахилу голови. Це забезпечується трьома шляхами: правильним розташуванням робочого місця (наприклад: кабіни крану по відношенню до робочого поля; конструкцією вікон і дзеркал, якщо вони є); компонованням робочої зони (табло, екранів, важелів управління, клавіатури тощо). При вертикальному положенні голови вісь спокійного погляду спрямована вниз по горизонталі під кутом близько 15°. Границі оптимальної зони видимості простягаються від горизонталі вниз до кута приблизно 30°.

При необхідності виведення погляду за межі оптимальної зони видимості, щоб зберегти його нормальну лінію в оптимальній зоні, доводиться піднімати чи відпускати голову. У цьому випадки границі корисної зони істотно розширюються, однак при цьому не виключена поява швидкого стомлення оператора.

У горизонтальній площині оптимальний кут огляду становить 15°. Поворот голови в сторону також збільшує межі корисної зони до 60°. При одночасному повороті голови і очей зона видимості розширюється до 95°.

Робочий простір слід конструювати таким чином, щоб уникнути можливості повороту голови. Ця вимога особливо важлива при роботі з обладнанням, що швидко рухається: постійні повороти викликають труднощі при роботі.

Загальні вимоги до розміщення засобів відображення інформації (по ГОСТ 22269–76).

Дуже часто використовувані засоби відображення інформації, що вимагають точного і швидкого зчитування показань, слід розташовувати у вертикальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ від нормальної лінії погляду і в горизонтальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ від сагітальній площині (рис. рис. 4,5).

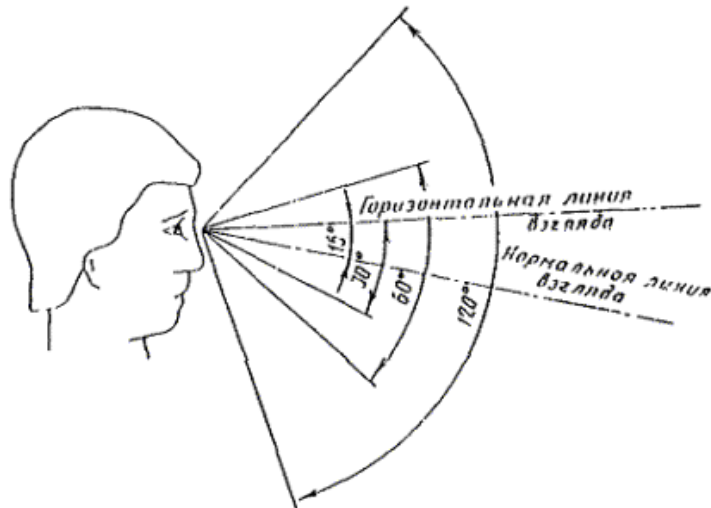


Рис.4. Зони зорового спостереження у вертикальній площині

Засоби відображення інформації, які часто використовуються, що вимагають менш точного і швидкого зчитування показань, допускається розташовувати у вертикальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від нормальної лінії погляду і в горизонтальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від сагітальній площині.

Рідко використовувані засоби відображення інформації допускається розташовувати у вертикальній площині під кутом $\pm 60^\circ$ від нормального лінії погляду і в горизонтальній площині під кутом $\pm 60^\circ$ від сагітальній площині (при русі очей і повороті голови).

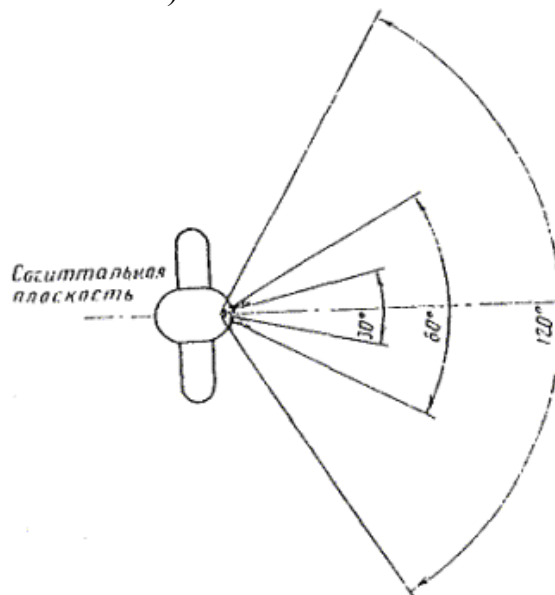


Рис.5. Зони зорового нагляду в горизонтальній площині

4. РОБОТА СТОЯЧИ – РОЗМІРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОЧОГО МІСЦЯ, ВИМОГИ ДО РОЗМІЩЕННЯ ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ТА ЗАСОБІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Робоче місце для виконання робіт стоячи організують при фізичній роботі середнього та важкого ступеня важкості, а також при технологічно обумовленій величині робочої зони, що перевищує її параметри при роботі сидячи.

Конструкція, взаємне розташування елементів робочого місця (органи управління, засоби відображення інформації і т.д.) повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру роботи.

Робоче місце має бути організовано відповідно до вимог стандартів, технічних умов та (або) методичних вказівок з безпеки праці.

Робоче місце має забезпечувати виконання трудових операцій в межах зони досяжності моторного поля. Зони досяжності моторного поля у вертикальній і горизонтальній площинах для середніх розмірів тіла людини наведені на рис. 6 і 7.

Виконання трудових операцій «часто» і «дуже часто» має бути забезпечено в межах зони легкої досяжності й оптимальної зони моторного поля (рис. 8 та 9).

Організація робочого місця і конструкція устаткування повинні забезпечувати пряме і вільне положення корпусу тіла працюючого або нахил його вперед не більше ніж на 15° .

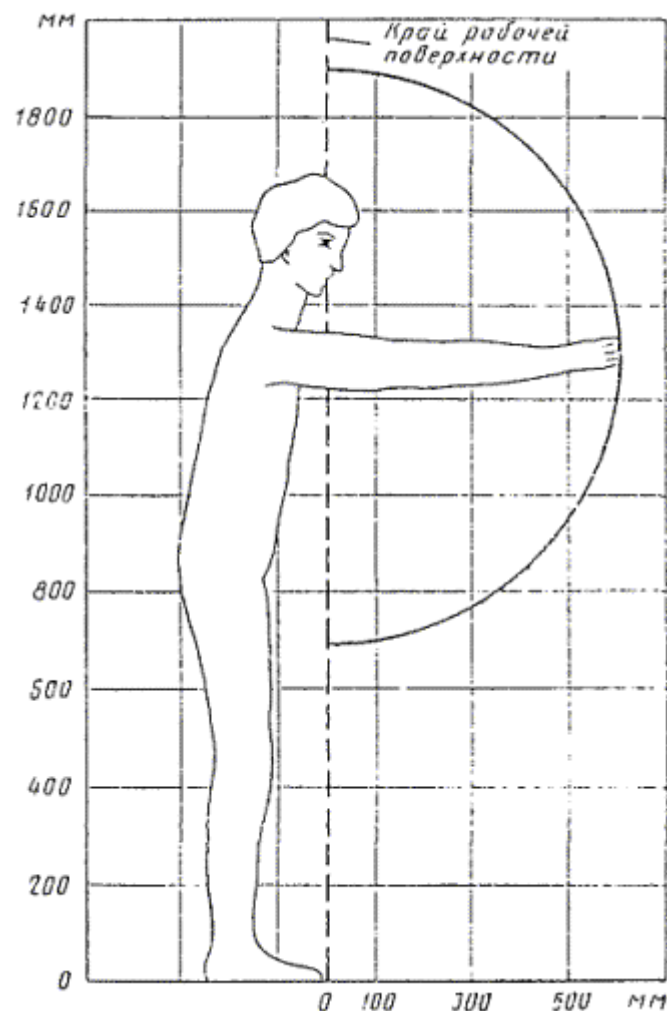


Рис.6. Зона досяжності моторного поля у вертикальній площині

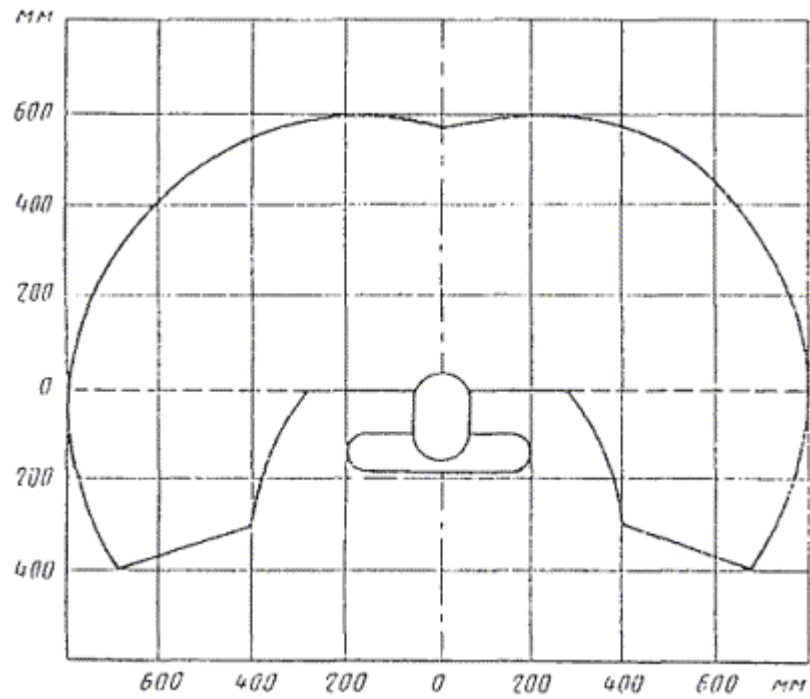


Рис.7. Зона досяжності моторного поля в горизонтальній площині

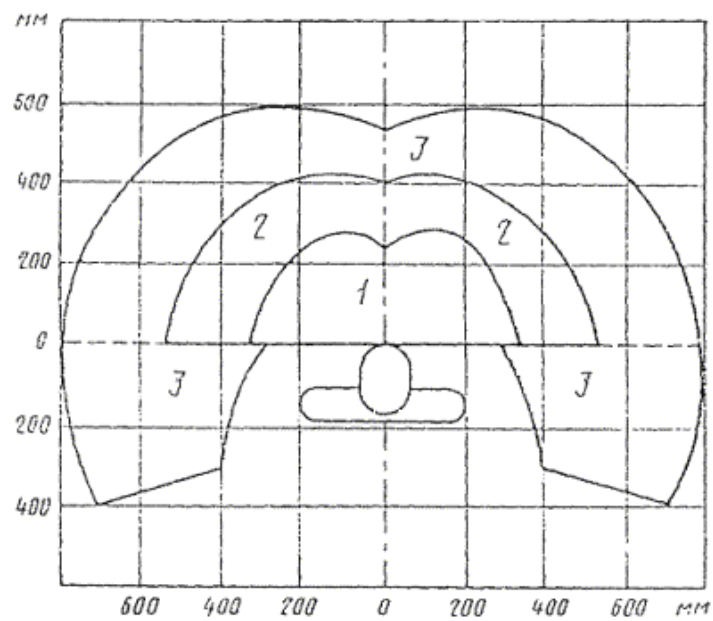


Рис.8. Зони для виконання ручних операцій і розміщення органів управління в горизонтальній площині

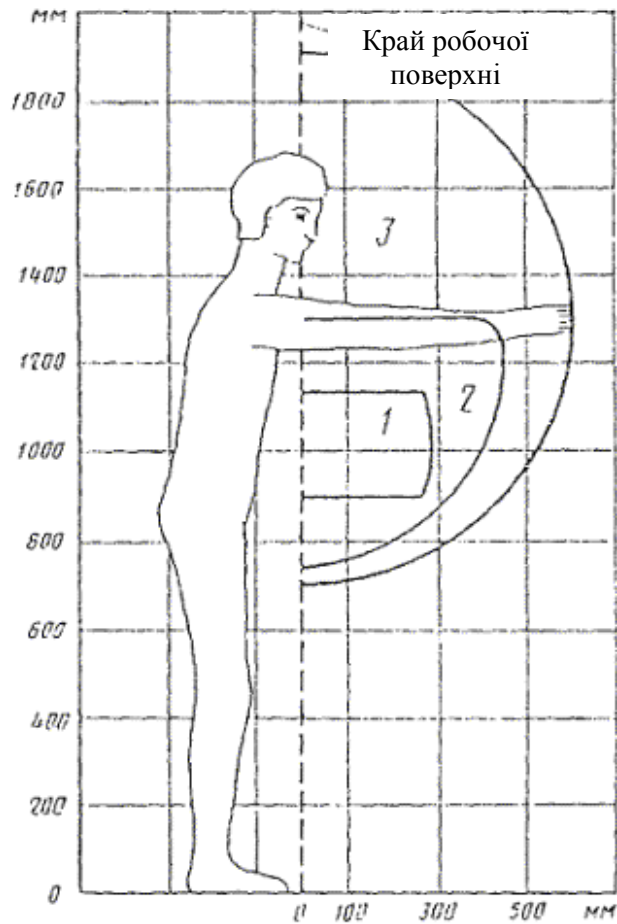


Рис.8. Зони для виконання ручних операцій і розміщення органів управління у вертикальній площині

Для забезпечення зручного, можливо близького підходу до столу, верстата чи машині має бути передбачено простір для стоп розміром не менше 150 мм по глибині, 150 мм по висоті і 530 мм по ширині.

Загальні вимоги до розміщення органів управління (по ГОСТ 22269–76).

При роботі двома руками органи управління розміщують з таким розрахунком, щоб не було перехрещення рук.

Органи управління на робочій поверхні в горизонтальній і вертикальній площинах необхідно розміщувати з урахуванням таких вимог:

- ті, що дуже часто використовуються, і найбільш важливі органи управління повинні бути розташовані в зоні 1 (рис. 7 і 8);
- ті, що часто використовуються, і менш важливі органи управління не допускається розташовувати за межами зони 2, а при важкій роботі – вище 1000 мм від майданчика, на якому стоїть робочий;
- рідко використовувані органи управління не допускається розташовувати за межами зони 3.

Органи управління, що використовуються до 5 разів на зміну, допускається розташовувати за межами зони досяжності моторного поля.

Аварійні органи управління слід розташовувати в межах зони досяжності моторного поля, при цьому слід передбачити спеціальні засоби розпізнавання

та запобігання їх мимовільного і самочинного вмикання відповідно до ГОСТ 12.2.003–74.

При необхідності звільнення рук операції, які не потребують точності й швидкості виконання, можуть бути передані ножним органам управління.

5. РОБОЧЕ МІСЦЕ І ВТОМЛЕНІСТЬ

Найбільш поширені *варіанти помилок при організації робочого місця* полягають у наступному:

1. Руки і плечі доводиться тримати дуже високо. При цьому швидко втомлюються м'язи плечового пояса.

2. Органи управління або предмети праці знаходяться дуже далеко від тіла. Це призводить до надмірного збільшення навантаження на міжхребцеві диски в результаті збільшення плеча сили тяжіння до вантажу, що підіймається.

3. Робоча поза характеризується нахилом голови і тулуба вперед, що призводить до швидкого стомлення м'язів шиї і спини.

При плануванні робочого місця треба прагнути до того, щоб операції руками виконувалися близько від тіла – при мінімальному відхиленні плечей від вертикалі. Там де можливо, слід обладнати робочі місця підлокітниками або підставками для рук. Це призводить до зниження стомлення м'язів плечового пояса. У разі необхідності фіксації погляду на низько розташованих об'єктах і викликаній цим позі сидючи з нахилом вперед виникають моменти сили тяжіння: голови щодо шийних хребців; верхньої частини тіла відносно поперекової області. При цьому навантаження, яку несуть м'язи – розгиначі шиї і хребетного стовпа, може досягати істотних частки від максимальних силових показників даної м'язової групи, що призводить до її стомлення.

Хронічне стомлення певних м'язових груп, яке повторюється кожного робочого дня протягом місяців і років, може призвести до ряду захворювань. Тому, якщо працюючі скаржаться на болі в області шиї, викликані стомленням м'язів її задньої поверхні, слід ознайомитися з їх робочою позою. У разі якщо кут нахилу голови протягом робочого дня тривалий час перевищує 25 ... 30°, робоче місце має бути реконструйовано (або змінений регламент роботи, в якій слід ввести збільшені паузи відпочинку). Останнє особливо важливо, якщо робота носить інтелектуальний характер: розумова або емоційно напружена робота супроводжується збільшеною активністю м'язів шиї.

Що стосується нахилу тулуба вперед, то було виявлено, що суб'єктивне відчуття дискомфорту сильно корелює з моментом сили відносно тазостегнових суглобів. Час до настання стомлення м'язів–розгиначів хребта швидко скорочується, якщо їх сила перевищує 30% максимальної.

Контрольні питання

- Яким чином характеризується оптимальна робоча поза у положенні стоячи?
- Яким чином характеризується оптимальна робоча поза у положенні сидючи?
- Основні принципи економії рухів

- Особливості робочого місця для виконання робіт сидячи
- Особливості робочого місця для виконання робіт стоячи найбільш поширені варіанти при організації робочого місця

Лекція 13. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА–ТЕХНІКА–СЕРЕДОВИЩЕ»

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ЕРГОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ

Комплексним вивченням і проектуванням діяльності людини в системі “людина – техніка – середовище” (СЛТС) в інтересах оптимізації знарядь, умов і процесів праці займається, як було відзначено вище, ергономіка, що вимагає при рішенні задач оптимізації СЛТС враховувати наступні основні фактори:

- суспільні (у тому числі і соціально–економічні) критерії оптимізації людино–машинних систем. У випадку розробки, наприклад, рекомендацій з удосконалювання діяльності персоналу аварійних служб не можна забувати про питання безпеки особового складу, його функціональних обов’язках, рівня освітніх вимог до конкретних фахівців та ін.;
- структуру і процеси взаємодії в системах “людина – техніка – середовище”;
- способи (алгоритми) діяльності особового складу;
- характеристики “людських” і технічних засобів взаємодії системи “людина–машина”;
- умови і засоби забезпечення максимальної ефективності, безпеки і комфортності праці;
- засоби підготовки персоналу, професійного відбору і контролю його стану.

Аналіз основних задач ергономіки показує, що відповідних кількісних оцінок вимагає:

- аналіз і синтез діяльності в системі “людина – робоче завдання – знаряддя праці і засоби захисту” (системотехнічний напрямок). У ході аналізу вивчається структура діяльності персоналу, виявляються можливі режими роботи й оцінюється їхній вплив на результати діяльності. На підставі аналізу здійснюється синтез діяльності. Розглядаються питання діяльності персоналу аварійних служб у рамках функціонування великої людино–машинної системи. Розробляються методи кількісної оцінки рівня погодженості технічних характеристик системи з можливостями людини;
- вивчення ергономічних властивостей працюючих (психофізіологічний напрямок). З цією метою оцінюється робота моторно–рухового апарату людини, його органів почуттів, нервової системи, тобто психофізіологічні характеристики. Оскільки ці характеристики вивчаються й в інших науках, у даному випадку вони розглядаються лише в напрямку визначення, наприклад, можливостей персоналу виконати поставлене робоче завдання;
- організація робочого місця персоналу з обліком ергономічних властивостей спеціального устаткування (інженерний напрямок). Це досягається шляхом кількісної оцінки результатів виконання окремих операцій з наступної розробкою вимог, що повинні бути пред’явлені як до персоналу в процесі виконання технологічного процесу в цілому, так і до

окремих зразків технічного оснащення, а також спорядження, що використовуються працюючими;

- професійна підготовка працюючих (педагогічний напрямок). Ця задача розглядається як складний процес, що включає ряд етапів: професійний добір (у даний час, наприклад, в рятувальних службах він орієнтований на задоволення медичним і психологічним вимогам), навчання і тренування робітників (існуючі норми і нормативи науково не обґрунтовані, спираються тільки на емпіричний досвід, час виконання більшості типових операцій не регламентовано), формування колективів;
- **системна ергономічна оцінка** і наступна розробка комплексу організаційно–технічних заходів, що забезпечують скорочення часу виконання робочих дій при обмеженнях на людські і технічні ресурси (узагальнений напрямок). При рішенні цієї задачі використовуються результати рішення всіх попередніх задач. Частковими питаннями тут є: визначення задач по обліку людського фактора для кожного з етапів розробки відповідних ергономічних рекомендацій, розробка способів і методів проведення ергономічної оцінки системи “ працюючий – робоча ситуація – знаряддя праці та засоби захисту ”.

Аналіз основних задач показує, що рішення кожної з них може бути отримано тільки лише при наявності відповідних методів і способів кількісної оцінки окремих сторін діяльності персоналу. При цьому, процес проведення ергономічної оцінки являє собою специфічний вид діяльності спеціально підготовлених експертів.

2. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕРГОНОМІЧНИХ МЕТОДІВ

Класифікації методів ергономіки має багато спільного з класифікацією методів людинознавства.

Першу групу складають *організаційні* методи. До них відносяться методологічні засоби ергономіки, що забезпечують системний і діяльнісний підходи до дослідження та проектування. Характерною рисою таких досліджень і проектування є не синтез результатів, отриманих на основі незалежних досліджень, а організація такого дослідження і проектування, в ході яких використовуються у певному поєднанні принципи і методи різних дисциплін.

Другу групу методів становлять *емпіричні способи* отримання наукових даних. До цієї групи відносяться спостереження і самоспостереження; експериментальні процедури (лабораторний, виробничий експерименти, тощо), діагностичні методики (різного роду тести, анкети, соціометрія, інтерв'ю та бесіди); аналіз процесів і продуктів діяльності; моделювання (предметне, математичне та ін.).

Третю групу методів складають різні *способи* кількісної та якісної обробки даних.

Нарешті, до четвертої групи методів входять різні *способи інтерпретації отриманих даних* у контексті цілісного опису функціонування систем "людина–машина".

Найбільш великою є друга група методів, усередині якої в залежності від цілей і характеру досліджень виділяється цілий ряд конкретних методичних процедур.

Сутність операційно–структурного опису трудової діяльності, який часто називають алгоритмічним аналізом, полягає в розкладанні трудової діяльності на якісно різні складові (одиниці діяльності – дії, операції), у визначенні їх логічного зв'язку між собою, порядку проходження один за одним і обчисленні ряду показників, що мають певний психофізіологічний зміст.

У методичний арсенал ергономіки входять багато психофізіологічних методик: вимір часу реакції (простої сенсомоторної реакції, реакції вибору, реакції на рухомий об'єкт і т.д.); психофізичні методики (визначення порогів і динаміки чутливості в різних модальностях); психометричні методи дослідження перцептивних, мнемічних, когнітивних процесів і особистісних характеристик.

В ергономіці широке поширення одержали методи електрофізіології, яка вивчає електричні явища в організмі людини при різних видах його діяльності. Вони дозволяють оцінювати часові параметри багатьох процесів, їх виразність, топографію, механізми регуляції, тощо. До них відносяться:

1) електроенцефалографія (ЕЕГ) – запис електричної активності мозку з поверхні голови. ЕЕГ дає можливість якісного та кількісного аналізу функціонального стану власної активності мозку і його реакцій при дії подразників;

2) електроміографія (ЕМГ) – запис електричної активності м'язів (чутливий показник включення в рухову активність або статичну роботу певних м'язових груп). ЕМГ відіграє важливу роль при оцінці стану м'язового тонуусу і незамінна при дослідженні пози і робочих рухів;

3) реєстрація шкірно–гальванічної реакції (ШГР) – зміна різниці потенціалів шкіри (показник електропровідності шкіри). ШГР дуже чутливий показник емоційного стану людини;

4) електрокардіографія (ЕКГ) – запис електричної активності серця. ЕКГ – індикатор стану серцево–судинної системи, що дозволяє виявити, наприклад, характер залежності частоти серцевих скорочень від величини фізичного навантаження при роботі;

5) електроокулографії (ЕОГ) – запис електричної активності зовнішніх м'язів очного яблука, що використовується в ергономіці як об'єктивний показник переміщення погляду людини при розгляданні будь–якого об'єкта.

Реєстрація біоелектричних процесів в організмі людини дозволяє визначати і кількісно характеризувати малодоступні для безпосереднього спостереження функціональні зрушення в організмі людини, що відбуваються під впливом найрізноманітніших змін навколишнього середовища і взаємодії з технікою. Часто застосовують реєстрацію не одного, а декількох електрофізіологічних індикаторів, кожен з яких несе інформацію про той чи інший аспект діяльності. Комплексну реєстрацію психофізіологічних функцій називають ще поліефекторним методом. Включає ергономіка в свій методичний арсенал і біотелеметрію – дистанційне дослідження функцій і

вимір показників життєдіяльності людини, що здійснюється в реальній обстановці, протягом тривалого часу.

Функціональний стан людини оцінюється за допомогою фізіологічних та психологічних методів. В останню групу входять методи оцінки ефективності виконання різних психометричних тестів і аналізу суб'єктивних ознак конкретних видів функціональних станів. Для інтегральної оцінки функціонального стану використовується поліефекторний метод реєстрації психофізіологічних параметрів.

Фіксація кількісного і якісного зниження працездатності, а також порушення координації процесів, пов'язаних з виконанням робіт, дозволяє спостерігати за розвитком стомлення без відриву людини від трудового процесу, причому часто зниження працездатності виявляється ще до зміни кількісних і якісних показників роботи. Існування якісно різних груп симптомів дає підставу для розвитку різних напрямків у методах суб'єктивної діагностики – опитувальників і суб'єктивного шкалювання.

Опитувальники дозволяють виявити якісно різноманітні симптоми стомлення, які з більшою або меншою легкістю можуть бути усвідомлені людиною. Кількісна оцінка або визначення ступеня вираженості кожної ознаки не ставляться головною метою подібних досліджень. Стан людини оцінюється загальною кількістю симптомів і їх якісною своєрідністю.

Методики суб'єктивного шкалювання призначені для оцінки ступеня стомлення самою людиною. Пацієнта просять співвіднести свій стан з низкою ознак, для кожного з яких виділені полярні оцінки (відсутність / присутність, поганий / гарний). Відстань між крайніми точками представляється у вигляді багатоступінчастої шкали. Ступінь вираженості кожної ознаки визначається розташуванням точки, обраної випробуванним на цій шкалі. Прикладом методики багатофакторного шкалювання може служити тест диференційованої самооцінки стомлення САН (названий за першими літерами слів "самопочуття", "активність", "настрій"). При розробці цього тесту виходили з того, що характеристика функціонального стану можлива за допомогою трьох категорій ознак: самопочуття, активності і настрою. Випробуваний повинен співвіднести свій стан з низкою ознак, властивих кожній з перерахованих категорій. Ступінь вираженості ознаки встановлюється за семибальною шкалою.

Методи вимірювання робочого навантаження різноманітні, саме ж визначення робочого навантаження продовжує бути предметом наукових дискусій. Вимірювання робочого навантаження на практиці необхідно перш за все для встановлення того, що дії, які повинна виконувати людина, здійсненні, а також для виявлення тих з них, які викликають найбільше навантаження.

В ергономічних дослідженнях знаходять застосування методи біомеханіки: прискорена кінозйомка, циклографія, кіноціклографія, відеозапис, тензометрія, електрична реєстрація механічних величин за допомогою датчиків кутових переміщень, опорних динамографів та ін. З їх допомогою характеризується рухова активність людини з точки зору ефективності трудових рухів, роботи різних ланок опорно-м'язового апарату.

Широке застосування одержала техніка антропометричних досліджень – вимірювання тіла людини і його частин: голови, шиї, грудей, живота, кінцівок за допомогою спеціальних інструментів. Вимірюються довжина і ширина, обхват (коло) та інші параметри частин тіла.

У проектуванні знаходить застосування соматографія – техніко–антропологічний аналіз положення тіла і зміни робочої пози людини, співвідношення розмірів людини і машини. Результати цього аналізу звичайно подаються у графічній формі. Соматографія дозволяє розраховувати зони легкої та оптимальної досяжності, знаходити оптимальні способи організації робочого місця з урахуванням пропорційних відносин між елементами обладнання і людиною.

Для вивчення умов діяльності і впливу їх на здоров'я людини використовуються фізичні, хімічні, фізіологічні, токсикологічні та інші методи гігієни праці.

Соціометричні методи дослідження міжособистісних відносин, які використовуються в ергономіці, дозволяють: виявити факт переваги або місце, яке займає індивід щодо інших членів групи в певних ситуаціях управління та технічного обслуговування складних систем; описати становище індивіда в групі так, як воно видається самому суб'єкту, і зіставити це з реакціями інших членів групи; висловити взаємини всередині порівнюваних груп за допомогою формальних методів, тощо.

Однією з поширених методик дослідження сумісності членів малих груп є гомеостатична методика, яка знайшла застосування в проектуванні групової діяльності операторів. Спеціально сконструйований для цих цілей пристрій, який називається гомеостат, складається з трьох і більше пультів (за кількістю учасників експерименту). В завдання кожного з членів групи входить установка стрілки індикатора на своєму пульті на позначці "нуль". Кожен учасник експерименту, отримуючи інформацію від власного індикатора і впливаючи на нього, одночасно впливає на індикатори партнерів по групі. Експериментатор зі свого пульта управління може варіювати труднощі розв'язуваних завдань, які зумовлюються зміною коефіцієнта взаємозв'язку. Завдання вважається виконаною в тому разі, коли всі учасники експерименту встановлюють стрілки на позначку "нуль". Завдяки запису руху ручок і всіх стрілок на спеціальному приладі можна простежити не тільки характер дії всієї групи в цілому, але й тактику кожного з її членів. Реєстрація змін біопотенціалів головного мозку, частоти серцевих скорочень, дихальних рухів, шкірно–гальванічного рефлексу дозволяє судити про емоційний стан учасників експерименту.

3. АНАЛІЗ ВІДОМОГО НАУКОВО–МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ ПЕРСОНАЛУ

3.1 Математичне моделювання

У цьому випадку досліджується діяльність персоналу за допомогою математичних моделей, під якими розуміється деякий математичний об'єкт (формула, рівняння, нерівність і т.д.), порівнянний з реальним процесом

(діяльністю особового складу). Дослідження діяльності в цьому випадку полягає в дослідженні формули або в рішенні рівнянь і їхніх систем. У разі потреби ці дослідження або рішення виробляються при цілому ряді обмежень, що накладаються у виді нерівностей.

В основу побудови математичних моделей може бути покладений різний математичний апарат. При дослідженні операторської діяльності найбільше застосування знайшли методи теорії інформації і теорії масового обслуговування.

Застосування теорії інформації засновано на ототожненні людини–оператора, що передає інформацію з засобів відображення на органи керування, з каналом зв'язку. Таке ототожнення правомірне, оскільки в теорії зв'язку будь–який пристрій, що здійснює передачу інформації на відстань, називається каналом зв'язку. Отже, і людина–оператор, що виконує функції передачі інформації, являє собою специфічний канал зв'язку. Під інформацією прийнято розуміти будь–які зміни в керованому процесі, відображувані засобами представлення інформації або безпосередньо сприймані оператором, а також команди, указівки про необхідність здійснення тих або інших впливів на процес. Такий підхід для опису діяльності персоналу аварійних служб не підходить, оскільки вона носить переважно моторно–руховий характер.

По цій же причині не підходить і опис з позицій теорій масового обслуговування, коли надходження сигналу до людини розглядається як необхідність дотримувати деяких вимог, що змушують його працювати відповідно до деяких правил, інструкціями, тобто обслуговувати ці вимоги. Діяльність представляється як процес обслуговування. Застосування теорії масового обслуговування дозволяє вирішити деякі питання організації діяльності людини–оператора: визначення необхідного числа операторів, визначення вимог до швидкості реакцій, обсягові пам'яті і т.д., визначення припустимої щільності потоку сигналів, що надходять до оператора, рішення деяких задач організації взаємодії операторів. Проте, наприклад, навіть для рішення окремих задач ергономічної оцінки діяльності рятувальників такий підхід не використовують. Це зв'язано з тим, що неможливо цілком формалізувати опис системи “рятувальник – аварійна ситуація – засобу захисту і забезпечення бойових дій” (через волю дій особового складу в рамках функціонування системи, мінливості її структури, багатокритеріальності функціонування і нечіткого завдання самих критеріїв, впливу великого числа випадкових факторів і ін.). Тому ж безпосередньо не застосовуються й інші математичні методи оцінки.

3.2. Особливості застосування статистичних методів

У пожежній охороні статистичні методи використовувалися для визначення чисельності бойових розрахунків основних пожежних автомобілів (автоцистерн і автомобілів насосно–рукавних), щоб врахувати вплив усіх факторів, що визначають необхідну кількість сил і засобів для гасіння пожеж. Це порозумівається тим, що не може бути двох пожеж з абсолютно однаковою обстановкою.

Статистичні методи дали можливість утворити статистичну сукупність, на елементах якої відбився вплив не тільки загальних факторів, що характеризують обстановку аварійної ситуації, але і факторів часток, що діють тільки в даному конкретному випадку. Застосування математичних методів при аналізі статистичної сукупності дозволило установити закономірності, яким підкоряються досліджувані процеси.

Зокрема, встановили, що для середини сімдесятих років було характерно те, що зі збільшенням чисельності бойового розрахунку швидкість нарощування техніки зменшується. Якщо при нечисленних бойових розрахунках велика швидкість нарощування техніки викликається необхідністю зосередження необхідного обстановкою пожежі кількості пожежних, то при бойовому розрахунку в 5, 6, 7 чоловік швидкість нарощування техніки визначається, в основному, тільки необхідністю використання визначеної кількості пожежних автоцистерн. Швидкість нарощування техніки з чисельністю бойових розрахунків у 5, 6, 7 чоловік залишається практично постійної і визначається обстановкою пожежі. Одночасно, швидкість нарощування кількості пожежних для пожежегасіння знаходиться в прямій залежності від чисельності бойового розрахунку основного пожежного автомобіля. Зі збільшенням чисельності бойового розрахунку швидкість нарощування пожежних спочатку збільшується, але, починаючи з чисельності бойового розрахунку в 6 чоловік, швидкість нарощування пожежних стабілізується і подальше збільшення бойового розрахунку не приводить до збільшення швидкості нарощування.

Отримані результати підтвердили тісний зв'язок між тактичними можливостями пожежних автоцистерн і чисельністю бойового розрахунку. При надлишку особового складу і недоліку технічних засобів пожежегасіння використання пожежних буде визначатися технічними можливостями автотехніки. При чисельності бойового розрахунку в 6 чоловік настає відповідність між тактичними можливостями основного пожежного автомобіля і чисельністю особового складу, необхідної для їхнього максимального використання. Таким чином, було встановлено, що при бойовому розрахунку в 6 чоловік забезпечується максимальне використання тактичних можливостей і установлюється відповідність між прибуваючою і використовуваною кількістю основних пожежних автомобілів.

У той же час, отримання даного висновку зажадало вивчення порядку 30000 статистиків про пожежі і загоряння практично за десятиліття. Такий підхід зовсім неприйнятний навіть для вже прийнятих на озброєння спеціальних автомобілів, оскільки для одержання достовірних висновків потрібні статистичні дані про їхнє використання за проміжок часу, у 3–4 рази перевищуючий гарантійний ресурс такої техніки. Тим більше, його не можна використовувати для ергономічної оцінки перспективної техніки аварійних служб, у технічні завдання на створення якої закладаються нові тактико–технічні вимоги.

3.3 Можливості застосування експертних оцінок

Найбільше часто в тих випадках, коли та сама діяльність може бути виконана різними способами і неї можуть однаково ефективно здійснювати особи з різними якостями, що компенсують відсутнім індивідуальним стилем роботи або іншим способом, звертаються до суб'єктивних критеріїв оцінки ефективності діяльності – методам експертних оцінок. Найбільш розповсюджені з них представлені на рисунку 1. У якості експертів залучаються керівники підрозділів, їхні заступники, працівники дослідницьких лабораторій і найбільш досвідчений персонал.



Рисунок 1. Методи експертної оцінки

Метод рангового порядку, або примусового розподілу один по одному полягає в тому, що експерт повинний заздалегідь віднести визначене число осіб до якоїсь категорії, тобто особовий склад ранжується за принципом від найкращого до самого гіршого. Підсумкова оцінка в цьому випадку визначається як сума отриманих порядкових номерів. Ранжирування повторюється кілька разів – у залежності від числа критеріїв, що враховуються, і факторів. Підсумок – сума набраних порядкових номерів. Для оцінки результатів діяльності цей метод має серйозні недоліки. Він не враховує значимості критеріїв і факторів. Крім того, якщо оцінка кращих і гірших випробуваних, як правило, не викликає великих утруднень, то розташування середніх з них сполучено зі значними труднощами, тому що індивідуальні розходження між ними несуттєві. Тому оцінка, зроблена за допомогою цього методу, страждає визначеним суб'єктивізмом, а сам метод і його результати найчастіше викликають заперечення з боку тих, кого оцінювали.

Метод парних порівнянь особового складу, здійснюється шляхом їх послідовного парного зіставлення з використанням усієї сукупності факторів оцінки. Випробуваний, якого виділили найбільше число раз, займає перше місце, за ним послідовно в міру убавання цього числа розташовуються інші. Очевидними недоліками існуючого методу є суб'єктивність, багатоступінчатість, трудомісткість.

Метод заданої бальної оцінки (або метод присвоєння балів) полягає в тому, що експерт повинний виразити свою думку про ефективність діяльності визначеної особи, тобто привласнити йому заздалегідь обумовлена кількість балів за кожне досягнення працівника пожежної охорони з наступним

визначенням суми набраних балів. Оцінна шкала повинна включати при цьому 5–7 градацій, тому що цей діапазон найбільше точно відбиває здатність експертів до диференціації. Даний метод досить простий і відрізняється чіткістю процедури оцінки, однак його можна використовувати лише тільки для рішення обмеженого кола задач, тому що він дозволяє враховувати лише поточні досягнення і тому застосовується як, правило, для оплати праці і стимулювання персоналу.

В основі методу вільної бальної оцінки лежить присвоєнні керівником (або експертом) визначеної кількості балів по встановленій шкалі працівникові по кожній його якості і загальній його оцінці у виді суми балів або середнього бала. При даному підході неможлива автоматизація оцінки.

Система графічного профілю працівників полягає у відображенні рівня кожної ділової якості, оціненої в балах, у виді крапок на графічній шкалі і з'єднанні крапок прямими лініями. Даний метод характеризується високим ступенем наочності, однак має такий недолік як висока суб'єктивність результатів оцінки.

Коефіцієнтна оцінка рівня ділових якостей заснована на системі коефіцієнтів, якими виміряються як окремі якості працівників, так і їхня сукупність. Коефіцієнти являють собою, як правило, елементарні дроби, що представляють собою відношення величини нового до загальної сукупності. У даного методу є наступні недоліки: обмеженість числа коефіцієнтів, що не дозволяє врахувати всі необхідні фактори оцінки; необхідність наявних нормативів, розташованих у знаменниках коефіцієнтів; відсутність обліку значимості кожного коефіцієнта. Це знижує якість системи, а також позначається на результатах розрахунків показників оцінки.

Аналіз і узагальнення досвіду проаналізованих кількісних методів оцінки персоналу показує, що їх використання зводиться до визначення кількісного показника

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \times C_i, \quad (1)$$

де P_i , C_i – вага і значення i – го показника; n – число показників.

Окремо стоїть метод безпосередньої експертної оцінки, що дозволяє за прогнозним значенням найбільш ймовірного, максимального і мінімального часу виконання деякої операції одержати основні параметри її розподілу: математичне очікування і середньоквадратичне відхилення. Очевидним недоліком цього методу є відсутність можливості оцінити досить складний процес, а не тільки окремі технологічні операції, його складові.

Проте, найчастіше в практичній роботі застосовується так називана “експертна оцінка в неявній формі”, коли за істину в останній інстанції, без особливих коментарів, вважається рішення старшого або начальника. Природно, що така оцінка є не тільки суб'єктивною, але і носить явно виражений якісний характер.

3.4. Використання навантажувальних тестів для оцінки функціонального стану

Оцінка функціонального стану організму на сучасному рівні неможлива без широкого залучення навантажувальних тестів, оскільки дані обстеження, проведеного в стані спокою, не цілком відбивають функціональний стан і резервні можливості організму, включення яких характерно для бойової роботи рятувальників.

Задачі навантажувальних тестів:

- визначення працездатності і придатності до даного роду діяльності;
- детальна оцінка функціонального стану і резервів людини;
- визначення імовірності розвитку серцево–судинних захворювань, ефективності профілактичних і реабілітаційних заходів.

Тестування дозволяє оцінювати функціональний стан організму в цілому, його готовність до виконання функціональних обов'язків, рівень загальної і спеціальної працездатності і т.д. У самому загальному виді фізична працездатність пропорційна тій кількості механічної роботи, що людина здатна виконувати довгостроково і з досить високою інтенсивністю. Поряд з терміном “загальна фізична працездатність” існує термін “спеціальна працездатність”, що характеризує можливість, у розглянутому випадку рятувальників, до виконання специфічної роботи (у підвальних приміщеннях, на висоті, у різноманітних засобах індивідуального захисту і т.п.).

Усі матеріали тестування розглядаються не ізольовано, а комплексно з всіма іншими ергономічними показниками. У самому загальному виді до тестів пред'являються вимоги, аналогічні тим, що визначаються теорією тестів. До числа найбільш важливих вимог відносяться надійність і валідність функціональних проб. У першому випадку мова йде, головним чином, про відтворюваності результату при збереженні незмінними функціонального стану організму випробуваної і зовнішньої умов проведення тестів. В другому випадку мається на увазі точність, з яким виробляються виміри того або іншого параметра, інформативність проби.

Розрізняють наступні види вхідних впливів, використовуваних при тестуванні:

- фізичне навантаження;
- зміна положення тіла в просторі;
- зміна газового складу вдихуваного повітря.

Найбільше часто як вхідний вплив застосовується фізичне навантаження, форми виконання якої різноманітні. При проведенні рухових тестів, особливо в нетренованих людей, можуть виникнути ускладнення, у більшості випадків зв'язані з перевантаженням обстежуваного. Для їхнього попередження необхідно дотримувати визначені правила. Проте, що існують тести відрізняються гарної фізіологічністю, простотою і приступністю. Вони не вимагають дорогого устаткування і спеціальних навичок. Використання навіть найбільш простого ступу–тесту дозволяє одержати цілком достатню фізіологічну і клінічну інформацію. Внаслідок чого цей двоступінчастий тест знайшов широке застосування для оцінки рівня спеціальної витривалості як у нас в країні, так і за кордоном.

Проте, дозволяючи вирішити окремі задачі психофізіологічного напрямку, використання тестів для одержання комплексної ергономічної оцінки результатів діяльності рятувальників не є ефективним, оскільки не враховує системну взаємодію умов роботи, використовуваного спеціального устаткування й оснащення, виконуваних операцій і т.д. Цей недолік частково враховується при виконанні таких своєрідних тестів, якими є нормативи виконання окремих процесів і операцій, характерних для діяльності персоналу. Однак, у даний час система науково–обґрунтованих підходів до розробки нормативів фактично відсутня.

3.5. Фізичне моделювання

При фізичному моделюванні мається можливість оцінити в імітованих умовах адекватність робочих характеристик устаткування й операцій діяльності персоналу. При цьому оцінюється діяльність (або її окремі сторони) у лабораторних умовах за допомогою спеціального, що імітує реальну систему, устаткування (тренажери, стенди, макети і т.д.). У такому виді фізичне моделювання являє собою експеримент у лабораторних умовах. При цьому в одних випадках використовують кількісні оцінки (результати виконання окремих операцій і технологічних процесів, вивчення аналізаторів і деяких психофізіологічних параметрів), в інших виходять з опису інженерно–психологічних властивостей, якісних оцінок (дослідження психічної діяльності людини). Зміст фізичного моделювання полягає у відтворенні психологічної структури й особливостей реальної діяльності, а також у математичному плануванні й обробці результатів експерименту.

Процеси фізичного моделювання можуть бути розчленовані на наступні процеси: моделювання фізичних умов, моделювання психічних станів, експериментальне моделювання програми діяльності. З метою визначення фізіологічних критеріїв того, як організм переносить шкідливі фактори діяльності й обґрунтування засобів захисту від їхнього впливу, а також для вивчення пристосувальних і компенсаторних механізмів організму використовуються численні методики. Вони, в основному, можуть бути розділені на наступні групи: методи оцінки функціонального стану, методи оцінки сприйняття, методи дослідження прийняття рішень.

Достоїнством тренажерів і імітаторів при їхньому використанні для проведення досліджень діяльності персоналу є те, що вони орієнтовані на людей, які вже мають спеціальні знання і навички. Дослідження ґрунтується як на вивченні стану функціональної системи, так і рівня прояву окремих професійно важливих якостей, узагальнених у єдиному процесі, що відповідає реальній структурі діяльності. При цьому моделюються основні режими діяльності, що припускає формування завдань і ситуацій, які пред'являють до персоналу вимоги, адекватні вимогам реальної діяльності. Особливе місце займає моделювання екстремальних режимів, оцінка результатів виконання яких є найбільш складною.

В процесі робіт із прогнозування результатів діяльності персоналу можуть використовуватися натурні експерименти (у тому числі по виконанню

окремих операцій, що може бути здійснено і на зразках тією чи іншою мірою аналогічних техніці, що розроблюється). Оскільки на сьогоднішній день база даних по таких результатах фактично відсутня, в основу науково–методичного апарата даного етапу дослідження доцільно покласти фізичне моделювання діяльності персоналу з наступною статистичною обробкою отриманих експериментальних даних. Крім того, аналогічні оцінки, що, природно, уступають по точності отриманим у процесі фізичного моделювання, можуть бути отримані в результаті застосування методів безпосередньої експертної оцінки.

3.6. Способи імітаційної оцінки

Наступний напрямок створення методик оцінки припускає використання імітаційного моделювання, що здобуває усе більш широке поширення, у тому числі і для дослідження діяльності аварійних служб. Так, академік М.М.Брушлінський і його учні розробили науково–методичний апарат аналізу організаційно–управлінських ситуацій, адміністративно–правової діяльності органів держпожнадзора і діяльності по розслідуванню пожеж.

У загальному випадку імітаційне моделювання складних систем і процесів включає наступні етапи:

- опис моделі формальною мовою, що допускає однозначну інтерпретацію;
- опис завдання на моделювання, що включає:
 - опис процедур дослідження моделі;
 - опис процедур обробки результатів моделювання;
 - опис процедур представлення результатів моделювання у формі, зручній для їхньої інтерпретації дослідниками.

Програмні засоби, що функціонують під керуванням операційних систем сучасних ЕОМ, у залежності від орієнтації на кваліфікацію користувача в області програмування для ЕОМ, а також у залежності від орієнтації на методи моделювання, що дозволяють враховувати людський фактор, можуть бути розділені на наступні типи:

– засоби програмування загального призначення, що представляють собою широкий діапазон мов програмування – від машинно–орієнтованих до програмування високого рівня. Опис і дослідження моделей з використанням цих мов зв'язано, як правило, зі значними тимчасовими витратами. З підвищенням розмірності системи, яка підлягає моделюванню, та її складності це може виявитися неможливим;

– програмні засоби моделювання загального призначення, орієнтовані на моделювання широкого класу систем. Ці програмні засоби представляють, як правило, пакети прикладних програм (ППП), що працюють під керуванням визначеної операційної системи. Тут звичайно розвита мова опису моделей визначеного класу. Їхнім недоліком є вимога високої кваліфікації від дослідника в області програмування;

– методо–орієнтовані програмні засоби моделювання, що містять у своєму складі набір засобів, які дозволяють описувати моделі систем з урахуванням людського фактора і досліджувати показники якості

функціонування. Терміни мови опису моделей і мови опису завдання на моделювання зв'язані з діяльністю користувача. Це дозволяє здійснювати моделювання особам, що мають загальне представлення про програмування на ЕОМ. Однак якість моделювання багато в чому визначається теоретичним базисом, покладеним в основу створення моделі, причому недоліки теорії стають недоліками результатів моделювання;

– проблемно–орієнтовані програмні засоби моделювання, розраховані на вузький клас досліджуваних систем. При їхній побудові ретельний аналіз класу досліджуваних систем втілюється у виді ППП спеціального призначення. Робота користувача полягає тільки в завданні параметрів системи (характеристик технічних засобів, кількості і кваліфікації обслуговуючого персоналу і т.п.). У засобах подібного типу модель системи, включаючи специфіку діяльності, вже міститься в структурі пакета. Вибір тих або інших засобів моделювання і дослідження моделей визначається складністю системи, її типом, системою показників якості функціонування й ефективності.

4. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ

Ергономічне проектування техніки і технічно складних споживчих виробів передбачає виявлення умов, в яких протікає діяльність людини з ними, і аналітичний опис притаманних їй психічних і психофізіологічних функцій. У кожному окремому випадку склад цих функцій та їх взаємозв'язок у загальній структурі трудового процесу або діяльності з технічно складними споживчими виробами різні.

У науках про працю склалися два методи отримання вихідної інформації, необхідної для опису трудової діяльності або складання професіограми. Це методи описового та інструментального професіографування, які в певній модифікації використовуються і при вивченні діяльності людини з технічно складними споживчими виробами.

Описове професіографування включає:

– Аналіз технічної документації та інструкцій з використання техніки або технічно складних споживчих виробів;

– Ергономічне вивчення техніки (систем) або технічно складних споживчих виробів, зіставлення його результатів з нормативними документами по ергономіці;

– Спостереження за ходом робочого процесу або діяльністю із споживчими виробами. За допомогою цього методу, доповненого хронометражем – реєстрацією зміни в часі характеристик діяльності, а також відеозаписом всіх операцій в порядку їх слідування, можна досить докладно описати діяльність людини;

– Опитування: *регламентоване*, для якого характерні попередня підготовка однакових для всіх опитуваних питань і строго задана їх послідовність; і *нерегламентоване*, що передбачає вільну бесіду з опитуваним у відповідності лише з її загальним планом, що вимагає певних навичок і навіть мистецтва;

– Самозвіт людини в процесі діяльності;

- Експертну оцінку;
- Кількісну оцінку ефективності діяльності.

Інструментальне професіографування включає:

- Вимірювання і оцінку показників факторів середовища;
- Реєстрацію і наступний аналіз помилок. Збір та аналіз даних про помилкові дії людини є одним з важливих шляхів аналізу та оцінки ергономічних характеристик системи "людина–машина" або технічно складних споживчих виробів;

- Об'єктивну реєстрацію енергетичних витрат і функціонального стану організму людини;

- Об'єктивну реєстрацію і вимір важко помітних (у звичайних умовах) складових діяльності людини, таких як напрям і перемикання уваги, оперування органами управління та ін. Для цього використовуються різні методи: реєстрація напрямку погляду людини і показань приладів з подальшим накладенням траєкторії погляду на приладову панель; циклографію або кінореєстрацію рухів рук; вимір сили опору органів управління; магнітофонну реєстрацію мовних повідомлень. Подібні методи та засоби використовуються безпосередньо в процесі діяльності, а зареєстровані параметри співвідносяться з хронограмами трудового процесу;

- Об'єктивну реєстрацію і вимірювання показників фізіологічних функціональних систем, що забезпечують процеси виявлення сигналів, виділення інформативних ознак, інформаційного пошуку, оперування вихідними даними для прийняття рішень, а також виконавчі (рухові або мовні) дії. До числа таких показників відноситься, наприклад, стан зорової системи, мовного і рухового апаратів. Реєстрації підлягають руху очей спостерігача, гучна й внутрішня мова, рухи і тремор рук, а також електрична активність зорової, мовної і рухової областей кори головного мозку. Ці показники реєструються за допомогою досить складного електрофізіологічного обладнання, результати вимагають трудомісткої математичної обробки.

Перераховані методи професіографічного дослідження використовуються в залежності від ступеня складності досліджуваної діяльності і необхідної повноти її опису. У багатьох випадках достатньо *методу описового професіографування*.

Загальну схему для розробки описових професіограм склав з 16 питань Ян Райскуп

1. Як називається робота і в чому вона полягає (іншими словами, що робиться: назва роботи, спеціальності, професії, посади, опис істотних характеристик і видових особливостей праці)?

2. Які мета і значення роботи (що виробляється і для якої мети: продукція, послуги; значення роботи: цінність і важливість продукції або послуг, що надаються для споживачів і підприємства)?

3. Що є предметом праці (з чого виробляють, над чим, з чим працюють: матеріал, сировину, напівфабрикати; нематеріальні джерела – інформація, письмові дані та документи; обслуговування і надання послуг)?

4. Яким способом виконується робота (як це робиться: технологічний процес, трудовий процес, операція, робоча завдання)?

5. На підставі чого проводиться робота (на якій підставі це робиться: виробнича документація, креслення, вказівки, детальні технологічні інструкції, плани, розрахунки; опосередкована інформація, інструкції, описи, накази)?

6. Які критерії оцінки результатів праці (на підставі чого оцінюються якість і ефективність праці: критерії оцінки, норми, ліміт витрат часу, кваліфікаційні розряди)?

7. Яка кваліфікація потрібна для роботи (що потрібно вміти, знати: необхідну освіту, необхідний практичний досвід, майстерність, спеціалізація)?

8. За допомогою яких засобів виконується робота (чим працюють: інструмент, машини, допоміжні засоби, апаратура, засоби управління)?

9. В яких умовах виконується робота (робоче середовище, її фактори і параметри робочого місця – просторові, гігієнічні, естетичні тощо)?

10. Яка організація праці (коли і якими способами виконується робота: організація виробничого процесу, графік роботи та розклад змін, режим праці та відпочинку, баланс робочого часу)?

11. Яка кооперація праці (хто, що і з ким робить: розподіл робочих завдань, повноважень і відповідальності, встановлена субординація – начальник, підлеглі; система керівництва і управління первинними виробничими колективами; характеристика соціального середовища і мікроклімату на виробництві)?

12. Яка інтенсивність праці (який обсяг, наскільки швидко або повільно, як часто виконується робота: кількість роботи, її складність, швидкість, темп, норми часу, тривалість навантаження, варіабельність праці – монотонність, систематичність, рівномірність, циклічність, ритмічність)?

13. З якими видами небезпеки і відповідальності пов'язаний виробничий процес (що може статися на роботі: неполадки, матеріальні втрати, фінансові втрати, штрафи за низьку якість або зрив термінів постачання продукції; несправності, аварії, травми, професійні захворювання, шкоди навколишньому середовищу)?

14. Яким чином праця впливає на працюючих? (Чим вона корисна і чим шкідлива для людини: позитивний і негативний вплив матеріальних, організаційних і соціальних чинників на особистість, у тому разі й комплексний їх вплив)?

15. Яку користь приносить працю працівнику (скільки він заробляє: зарібок, премія, натуральні видачі, різні пільги, моральне задоволення від праці, суспільне визнання, тощо)?

16. Які умови, вимоги та обмеження є характерними для роботи (хто може і хто не повинен її виконувати, адміністративно-правові, політичні, медичні, громадські та інші детермінанти)?

Контрольні питання

- Класифікація ергономічних методів
- Що уявляють собою емпіричні способи отримання ергономічних даних?
- Що уявляють собою методи електрофізіології?

- У чому суть експертних методів отримання ергономічних оцінок?
- Які методи застосовуються при отриманні вихідної інформації для опису робочої діяльності?

Лекція 15. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕРГОНОМІЧНОСТІ РОБОЧОГО МІСЦЯ

1. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Ергономічну якість обладнання, тобто технічної частини системи "людина–техніка–середовище" (СЛТС), можна визначити як сукупність властивостей техніки та відповідних властивостей людини, що проявляються в процесі трудової діяльності. Рівень ергономічної якості вказує на ступінь цієї відповідності, він встановлюється в ході ергономічної оцінки обладнання.

Ергономічне вивчення та оптимізація діяльності людини з технікою має свою специфіку:

1. Спрямованість ергономіки на проектування діяльності та її засобів вимагає застосування не тільки експериментальних, а й апріорних проектувальних методів, а також прийомів, за допомогою яких вдається формалізувати те, що раніше задавалося лише описово.

2. Оперування узагальненими показниками активності, напруженості і комфортності діяльності обумовлює процедури отримання інтегральних критеріїв на основі комплексу окремих показників.

3. Ергономічне дослідження, проектування або оцінка, як правило, передбачають одночасне застосування різних методів, що відображають взаємозв'язки між компонентами і основними властивостями системи "людина–машина".

Перераховані особливості визначають стратегію вибору методів для вирішення конкретних ергономічних задач.

Методи дослідження в ергономіці умовно можуть бути розділені на три групи: аналітичні, або описові, експериментальні та розрахункові. У більшості досліджень вони тісно переплетені між собою і застосовуються одночасно, доповнюючи та збагачуючи один одного.

Ергономічне дослідження починається з аналізу діяльності та функціонування системи "людина–машина". Його мета – визначення місця і ролі людини в системі; опис функціональної структури його діяльності, притаманних їй психічних і психофізіологічних функцій; виявлення тих людських чинників у техніці, що впливають на ефективність і надійність як системи в цілому, так і її частин. Цілі аналізу залежать від конкретного завдання.

Вдосконалення технічних засобів або системи з метою найбільш повного врахування можливостей і особливостей працюючої людини передбачає:

1. Точне знання причин незадоволеності існуючими видами техніки з точки зору ергономіки.

2. Чітке уявлення про те, в якому напрямку слід їх модифікувати.

При організації ергономічних досліджень необхідно враховувати, що на результати піддослідних впливають присутність експериментатора, його встановлення і очікування. Не менш істотно, що випробуваний здатний експериментувати над експериментатором. Проблема "валідності"

лабораторних досліджень (можливість проектування лабораторних результатів на ситуації "у реальному житті"), яка спочатку була поставлена в галузі соціально–психологічних досліджень, продовжує залишатися предметом пильної уваги і в ергономіці.

Труднощі прямого перенесення даних, отриманих в лабораторних умовах, на реальні ситуації пов'язані з тим, що в першому випадку випробувані діють під впливом специфічних мотивів, які втрачають свою силу, ледь випробуваний залишає лабораторію. Не можна обійти увагою, що схожа за своєю операційною структурі діяльність в умовах лабораторій і в ситуаціях "реального життя" може визначатися різними мотивами. Оскільки характер мотивації є визначальним у регуляції діяльності, перенесення результатів лабораторних досліджень без урахування специфіки мотивації призводить до непередбачуваних результатів.

Обмеження, які накладають лабораторні умови, змушують до проведення експериментів у виробничих умовах. Однак і ці експерименти не вільні від недоліків. Частина з них пов'язана з дією соціально–психологічних факторів. Оскільки логіка дослідження вимагає порівняння виконання завдання в умовах дії незалежної змінної (гіпотетичної причини очікуваного ефекту) і при її відсутності, в дослідженнях беруть участь, як правило, експериментальна і контрольна групи випробовуваних. Оскільки у виробничих умовах ізоляція однієї групи людей від іншої утруднена, контрольна група може вступати в змагання з експериментальною, що маскує вплив досліджуваного фактора. Діяльність контрольної групи може погіршитися і в зв'язку з тим, що її члени будуть відчувати себе ущемленими через відсутність тих нововведень (як правило, привабливих), які змінюють умови праці експериментальної групи. Знання про існування таких чинників допомагає уникнути поспішних висновків.

2. БАЗОВІ ПОКАЗНИКИ ЕРГОНОМІЧНОЇ ЯКОСТІ

Відповідно до ГОСТ 15467–79, оцінка рівня якості продукції складається із сукупності операцій, що включає вибір номенклатури показників якості оцінюваної продукції, визначення значень цих показників і зіставлення їх з базовими. На основі оцінки ергономічності обладнання всього підприємства можна скласти ергономічний портрет промислового підприємства, тобто опис організації виробничих процесів і характеристики тієї частини основних виробничих фондів, яка управляється, обслуговується, ремонтується виробничим персоналом.

Показники ергономічної якості обладнання класифікуються по відповідності *антропометричних* (висота, ширина, глибина пульта, висота розміщення стільниці пульта, розміщення засобів відображення інформації та органів управління (ОУ); характеристики крісла людини–оператора; досяжність органів управління; показники відповідності ОУ формі і розмірам частин тіла людини і т. д.) , *біомеханічних* (зусилля, величина, напрям переміщення ОУ, частота використання ОУ), *психофізіологічних* (характеристики відповідності техніки зорового і слухового аналізаторів людини) і *психологічним*

властивостям людини–оператора (показники відповідності техніки можливостям людини з прийому, обробки інформації та щодо прийняття рішень).

Базові значення антропометричних показників ергономічної якості обладнання такі.

Характеристики пульта:

- загальна висота пульта при робочому положенні "сидячи" –1650 мм, "стоячи" – не більше 1800 мм;
- висота стільниці пульта при робочому положенні "сидячи" – від 530 до 760 мм, "стоячи" – близько 1100 мм;
- ширина пульта (обслуговується тільки в робочому положенні "сидячи") – від 380 до 660 мм;
- відстань від рівня сидіння крісла оператора до нижнього краю стільниці пульта (обслуговується лише в тих положеннях "сидячи" і "сидячи або стоячи") – від 150 до 250 мм;
- висота розміщення ОУ для робочого положення "стоячи" – від 1000 до 1600 мм, "сидячи" – від 530 до 1040 мм;
- висота розміщення засобів відображення інформації для робочого положення "стоячи" – від 1100 до 1800 мм, "сидячи" – від 850 до 1650 мм.

Характеристики крісла людини–оператора:

- форма сидіння – квадрата;
- форма спинки – прямокутна увігнута, радіус вигину спинки – від 300 до 400 мм;
- розмір сидіння – 400х400 мм, розмір спинки – приблизно 300х120 мм;
- кут нахилу сидіння назад – 5–6°, кут нахилу спинки – від 5 до 10°;
- висота підлокітника – повинен перебувати на одному рівні з поверхнею столу.

Розміри вільного місця для ніг оператора:

- висота – не менше 600 мм, ширина – не менше 500 мм, глибина – не менше 400 мм.

Досяжність ОУ по горизонталі – півколо радіусом 600 мм.

Відстані між ОУ (мм):

- для кнопок – не менше 15;
- для тумблерів – не менш 19 при розміщенні у фронтальну лінію і не менш 25 при розміщенні "в глиб" пульта;
- для поворотних перемикачів – не менш 20 при діях однією рукою і не менше 70 при діях двома руками;
- для важелів – не менш 50 при діях однією рукою і не менше 100 при діях двома руками;
- для маховиків і штурвалів – не менш 50 при діях однією рукою і не менше 100 при діях двома руками;
- для педалей – не менше 200 при діях однією ногою і не менше 450 при діях двома ногами.

Розміри ОУ (мм):

- діаметр кнопок під вказівний палець – 10–15, під великий палець – 30, під долоню – 50;

- ширина клавіш – 10–20;
- для поворотних перемикачів типу I (з приводним елементом у вигляді покажчика) довжина покажчика – від 20 до 90, ширина – від 2 до 15, висота покажчика – від 10 до 40;
- для поворотних перемикачів типу II (з приводним елементом у вигляді круглої ручки для захоплення п'ятьма пальцями) діаметр – від 50 до 120, висота – від 38 до 55;
- для поворотних перемикачів типу III (з приводним елементом у вигляді круглої ручки для захоплення двома–трьома пальцями) діаметр – від 6 до 50, висота – від 12 до 25;
- для тумблерів широкого застосування довжина приводного елемента – від 10 до 25, мінімальний діаметр – від 3 до 8;
- для тумблерів спеціального призначення довжина приводного елемента – від 25 до 50, мінімальний діаметр – 8–15;
- для важелів управління з округлою рукояткою діаметр рукоятки – 30–40, висота – 40–50;
- для важелів управління з подовженою рукояткою діаметр – 20–28, висота рукоятки – 50–100;
- для маховиків управління і штурвалів при роботі двома руками діаметр обода маховика або відстань між рукоятками штурвала – 350–400;
- для маховика при роботі однією рукою діаметр обода – 75–80;
- довжина рукоятки на маховику – від 50 до 120, діаметр рукоятки – від 18 до 30;
- для рідко використовуваних педалей ширина – 90, довжина – не менше 75;
- для часто використовуваних педалей ширина – 90, довжина – 280–300.

Вимоги щодо відповідності характеристик машинної частини СЧТС біомеханічних властивостей людини пред'являються в основному до органів управління. Базові значення **біомеханічних** показників ергономічної якості обладнання такі.

Зусилля переміщення (ньютон):

- для кнопок під вказівний палець – 1–8, під великий палець – від 8 до 25, під долоню – від 10 до 50;
- для клавішних перемикачів типу 1 – від 2,5 до 4,0, типу 2 – від 4 до 16;
- для поворотних перемикачів типу I – від 2,0 до 20, типу II – від 1,6 до 16, типу III – 1–2;
- для вимикачів і перемикачів типу "тумблер" широкого застосування – від 2 до 3,5;
- спеціального призначення – від 3,3 до 5,0;
- для важелів управління при роботі пальцями – від 5 до 30, пензлем – від 5 до 40, пензлем з передпліччям – від 15 до 60, всією рукою – від 20 до 150, двома руками – від 45 до 200;
- для маховиків управління і штурвалів при ра – Боте пензлем – до 10, пензлем з передпліччям – від 5 до 60, всією рукою – від 10 до 150, двома руками – від 60 до 200;
- для ножних педалей при русі стопи – до 100, всієї ноги – до 500.

Величина переміщення ОУ:

- для кнопок під вказівний палець – від 2 до 6 мм, під великий палець – від 3 до 8 мм, під долоню – від 5 до 10 мм;
- для клавішних перемикачів типу 1 – від 3 до 6 мм, типу 2 – від 4 до 10 мм;
- для поворотних перемикачів типу I оптимальний кут повороту від середнього положення – 45° , допустимий кут – 60° ;
- для поворотних пе–реключачей типів II і III оптимальний кут повороту при точному регулюванні – $60\text{--}80^\circ$ від середнього положення, допустимий кут – 120° ;
- для важелів управління мінімальний допустимий хід – 50 мм, оптимальний хід для коротких важелів (довжиною до 200 мм) – від 150 до 200 мм, довжиною понад 200 мм – від 300 до 350 мм;
- для штурвалів при роботі без перехоплення рук – кут повороту не більше 60° в обидві сторони від середнього положення, при роботі з перехопленням рук – не більше 120° ;
- для ножних педалей оптимальний хід при русі стопою – від 15 до 60 мм, при русі всієї ногою – до 100 мм.

Напрямок переміщення і положення ОУ при реалізації людиною–оператором керуючих впливів типу "пуск", "включено", "збільшення", "плюс", "підйом", "відкривання", "вперед", "вправо", "вгору":

- для кнопок – натисканні положення; для клавіш – натисканні положення;
- для тумблерів – переміщення знизу вгору, зліва направо, від себе;
- для важелів – переміщення знизу вгору, зліва направо, від себе;
- для поворотних перемикачів – переміщення за годинниковою стрілкою;
- для маховиків і штурвалів (крім керуючих клапанами) – переміщення за годинниковою стрілкою;
- для маховиків і штурвалів, керуючих клапанами, – переміщення проти годинникової стрілки;
- для ножних педалей – натисканні стан.

Напрямок переміщення і положення ОУ при реалізації керуючих впливів типу "стоп", "відключено", "зменшено", "мінус", "спуск", "закривання", "назад", "вліво", "вниз":

- для кнопок – відпущений положення; для клавіш – відпущений положення;
- для тумблерів – переміщення зверху вниз, справа наліво, на себе;
- для важелів – переміщення зверху вниз, праворуч палево, на себе;
- для поворотних перемикачів – переміщення проти годинникової стрілки;
- для маховиків і штурвалів (крім керуючих клапанами) – переміщення проти годинникової стрілки;
- для маховиків штурвалів, керуючих клапанами, – переміщення за годинниковою стрілкою;
- для ножних педалей – віджате положення.

Частота використання ОУ (раз на хвилину):

- для кнопок під вказівний палець – не більше 10, під великий палець – не більше 5, під долоню – не більше 3;
- для клавіш типу 1 – не більше 10, типу 2 – не більше 1;
- для тумблерів широкого застосування – не більше 10, спеціального призначення – не більше 1;
- для поворотних перемикачів типу I (з зусиллям переміщення 13, 18, 22 Н) і типу II (із зусиллям переміщення 5,3; 10; 16,6 Н) – відповідно не більше 5, не більше 2, не більше 1;
- для важелів управління, маховиків і штурвалів в залежності від зусилля – від 5 до 960 разів за зміну (8 годин).

Базові значення **психофізіологічних показників**, як зазначалося вище, визначають відповідність техніки в основному зоровому і слуховому аналізаторам людини–оператора.

Показники відповідності техніки зоровому аналізатору:

- освітленість на робочому місці оператора – 400 лк;
- яскравість світіння індикатора на чорно–білій електронно–променевої трубки (ЕПТ) – не менше 0,5 кд/м², мінімальна яскравість світіння індикатора на кольоровий ЕПТ–17, оптимальна – 170 кд/м²;
- контраст прямий оптимальний – 80–90%, допустимий – 60–90%, контраст зворотний для самосвітних індикаторів – не менше 20%;
- час подання сигналу для впізнання – не менше 2 с; рух позначки сигналу на екрані при наявності орієнтира розпізнається при швидкості 1–2' в секунду, без орієнтиру – 15–30' в секунду;
- розміри знаків на екрані залежно від складності – від 15 до 40'; частота кадрів для інтегральних візуальних індикаторів – не менше 50 Гц;
- ширина лінії на екрані індикаторного ЕПТ зіакографіческого дисплея–не менше 1 мм при дистанції спостереження 0,3–0,7 м.

Показники відповідності техніки слухового аналізатора:

- частота для аварійних неможливих повідомлень – 800–5000 Гц, що попереджають – 200 – 800, що повідомляють – 200–400 Гц, відповідно гранично допустимий рівень звукового тиску сигналів – 120, 115 і 110 дБ;
- тривалість окремих сигналів і інтервалів між ними – не менше 0,2 с, тривалість інтенсивних сигналів – не більше 10 с.

Базові характеристики **психологічних** показників ергономічного якості обладнання включають в першу чергу показники відповідності техніки можливостям людини по сприйняттю інформації, тобто інформаційної відповідності індикатора пропонованої інформації і відповідності форми відлікового пристрою індикатора напрямку руху. Це наступні параметри.

Спосіб кодування інформації:

- якісних характеристик об'єктів – літерами, умовними знаками; якісних характеристик типу приналежності, стану – абстрактними геометричними фігурами і кольором;
- положення об'єкта в просторі, напрямку його руху – орієнтуванням лінії на індикаторі;
- кількісних характеристик об'єкта – цифрами;
- розміщення об'єкта в просторі – положенням покажчика на індикаторі;

- контурів, траєкторій руху – типом лінії (суцільна, пунктирна, штрих-пунктирна);
- стану об'єкта – яскравістю і частотою мигтіння.

Оформлення шкальних індикаторів та їх елементів:

- модуль оцифровки оптимальний – 10, допустимі – 1 і 5;
- число поділок шкали – мінімально необхідне для встановленої точності зчитування; орієнтація цифр шкали – відповідно до типу шкали;
- представлення цифр для зчитування – у вертикальному положенні;
- для неповної кругової шкали між початком і кінцем шкали – видимий проміжок розміром, що є більшим від основного розподілу;
- розбивка шкали – рівномірна, число поділок шкали на модуль оцифровки – однакове по всій шкалі;
- значення показників приладів зростають зліва направо або знизу вгору (за винятком глибиномірів, значення на шкалах яких зростають зверху вниз);
- вказівник не повинен перекривати оцифровку, відстань між покажчиком і діленням шкали – не менше 1,5 мм, форма покажчика – проста клиноподібна; колір забарвлення покажчика і ділення шкали – однаковий.

Характеристики елементів шкал приладів:

- висота цифр і букв на нерухомих шкалах – 10–25 ‘, на рухомих – 12–25’;
- відношення ширини знака до висоти на шкалах з вказівниками – 3:5 або 2:3, на лічильниках – 2:3 або 1:1;
- товщина основних ліній для цифр і букв при прямому контрасті – 1/6–1/8 висоти знака, при зворотному контрасті – 1/10–1/13 висоти знака; інтервал між знаками – 0,5–1,0 ширини знака;
- відстань між сусідніми поділками при прямому контрасті – не менше однієї ширини позначки шкали, при зворотному контрасті – не менше подвійної ширини позначки шкали.

Показники відповідності техніки мнемічним можливостям людини характеризують: пред'явлення інформації для оперативного запам'ятовування і подальшого використання (воно повинно включати не більше 5–9 символів, причому можливе їх перекодування з підвищенням обсягу інформації в 1,5 рази); пред'явлення інформації для довготривалого запам'ятовування і подальшого використання (воно повинно проводитися з достатніми для 100%-вого відтворення повтореннями).

Показники відповідності техніки можливостям людини щодо прийняття рішень визначаються, виходячи з аналізу алгоритмів діяльності. Останні не повинні мати більше трьох фіналів в точках розгалуження; рекомендований коефіцієнт стереотипності алгоритму діяльності становить не менше 0,25 та не більше 0,85, а коефіцієнт логічної складності – не більше 0,2.

Номенклатура показників ергономічного якості є відкритою, тобто може бути доповнена у міру створення нових технічних засобів і виробів, а також накопичення експериментальних даних про них.

Контрольні питання

- Особливості визначення ергономічних показників в лабораторних умовах та безпосередньо на виробництві
- Що характеризують базові антропометричні показники?
- До яких елементів, як правило, пред'являють біомеханічні показники ергономічної якості робочого місця?
- Що характеризують психофізіологічні показники СЧМ?
- Які показники характеризують відповідність техніки можливостям людини?

ЛІТЕРАТУРА

1. Мунипов В.М., Зинченко В.И. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. М.: Логос, 2001. – 356 с.
2. Апостолук С. О., Джигирей В. С., Апостолук А. С. та ін. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи. Навч. посіб. – К.: Знання, 2006. – 215 с.
3. Человеческий фактор – т.т.1–4. – М., Наука, 1992.
4. Биомеханика систем «человек—машина» / Под ред. К. В. Фролова. М., 1981.
5. Зараковский Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. — М.: Наука, 1966. –114с.
6. Обознов А. А. Инженерная психология: Учебное пособие —М.: Изд-во «Ин-т молодежи», 1998. – 217с.
7. Пископель А. А., Вучетич Г. Г., Сергиенко С. К., Щедровицкий Л. П.. Инженерная психология: Дисциплинарная организация и концептуальный строй. — М., 1994. — 216с.
8. Харитонов А. В. Дизайн среды. – М.: Гардарики, 1998. – 365 с.
9. Экономика и социология труда / Под ред. Рофе А. И. – М.: Мысль, 1996. – 275 с.
10. Трофімов Юрій Леонідович. Інженерна психологія: Підруч. для студ. психол. спец. вищ. навч. закл.. — К. : Либідь, 2002. — 264с.
11. ГОСТ 12.0.003–74* ССБТ «ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ»
12. ГОСТ 12.2.033–78. РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ СТОЯ
13. ГОСТ 12.2.032–78. РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ СИДЯ
14. ДСТУ 7234:2011 ДИЗАЙН І ЕРГОНОМІКА. ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЧЕ. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДИЗАЙНУ ТА ЕРГОНОМІКИ
15. ГОСТ 12.2.049—80. ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ. ОБЩИЕ ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
16. ГОСТ 22269–76 «Система "человек–машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»,
17. ГОСТ Р 50948–2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»,
18. ISO 16121–1:2005 «Дорожный транспорт. Эргономические требования к рабочему месту водителя на маршрутных автобусах. Часть 1. Общее описание, основные требования».
19. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання./ Навчальний посібник. – Х., АПБУ, 2001. – 117 с.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	3
Лекція 1. Виникнення та становлення ергономіки як науки	4
1.1 Виникнення ергономіки	4
1.2 Розділи ергономіки та підходи до її вивчення	10
1.3 Основні проблеми ергономіки	11
Лекція 2. Поняття механіки тіла людини та параметри її опису	13
2.1 Механізм програмування і управління рухом у людини	13
2.2 Параметри, які використовуються в механіці живого тіла	14
2.3 Біомеханічні особливості кісткової системи	16
2.4 Біомеханічні особливості м'язової системи	19
Лекція 3. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	24
3.1 Поняття про умови діяльності	24
3.2 Небезпечні і шкідливі фактори: класифікація	25
3.3 Вплив деяких шкідливих та небезпечних чинників на діяльність людини	27
3.4 Небезпеки та ризик	43
Лекція 4. Методи визначення та нормування шкідливих та небезпечних факторів	45
4.1 Методи визначення	45
4.2 Нормування шкідливих та небезпечних факторів	46
4.3 Приклад нормування захисних характеристик ізолюючого апарату як характеристик системи «органи дихання людини – ізолюючий апарат – навколишнє середовище»	49
Лекція 5. Ергономічні характеристики комплексу засобів індивідуального захисту	54
5.1 Ергономічний аналіз засобів захисту шкіри	54
5.2 Ергономічний аналіз засобів індивідуального захисту органів дихання	59
Лекція 6. Поняття ергономічного рівняння та його складові. Принципи складання ергономічного рівняння робочого місця	61
6.1 Ергономічне рівняння робочого місця (вербальний підхід)	61
6.2 Складання ергономічного рівняння (кількісний підхід)	63
Лекція 7. Робота і стомлення	69
7.1 Робота і працездатність	69
7.2 Втомленість, втома, перевтома	71
Лекція 8. Методи профілактики втоменості	76
8.1 Розподіл функцій в СЛМС	76
8.2 Проектування робочих завдань	77
8.3 Проектування робіт	80
8.4 Проектування робочого місця	83
8.5 Побудова режимів праці та відпочинку	84
Лекція 9. Робота і робоче місце	90
9.1 Робоче місце: класифікація, ергономічні вимоги	90
9.2 Класифікація робіт	100

Лекція 10. Підходи до визначення нейтральної пози	103
10.1 Робочі положення та пози	103
10.2 Баланс положення тіла як основа мінімізації енергетичних витрат людини	104
10.3 Нейтральне положення частин тіла	105
10.4 Нейтральні позиції тіла у людини, яка працює	107
Лекція 11. Вільний рух та його значення у створенні ергономічного робочого місця	111
11.1 Робочі рухи	111
11.2 Вільний рух	112
11.3 Проектування робочого простору	112
11.4 Розрахунок параметрів робочого місця та його елементів	118
Лекція 12. Критерії вибору оптимальної робочої пози	124
12.1 Проектування місця діяльності	124
12.2 Принципи економії руху	124
12.3 Робота сидячи	126
12.4 Робота стоячи – розмірні характеристики робочого місця, вимоги до розміщення органів управління та засобів відображення інформації	133
12.5 Робоче місце і втомленість	137
Лекція 13. Методи та засоби визначення та вимірювання показників ефективності функціонування системи «людина–техніка–середовище»	139
13.1 Актуальність ергономічної оцінки	139
13.2 Класифікація ергономічних методів	140
13.3 Аналіз відомого науково–методичного апарату оцінки діяльності персоналу	143
13.4 Методи отримання вихідної інформації для опису діяльності	151
Лекція 14.5. Визначення показників ергономічності робочого місця	155
14.1 Особливості визначення ергономічних показників	155
14.2 Базові показники ергономічної якості	156
Література	163