

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра „Охорона праці та навколишнього середовища”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу

«ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ»

для студентів спеціальності ОПУТ усіх форм навчання

Харків - 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» 8 грудня 2009 р., протокол № 11.

Рекомендовано для студентів усіх спеціальностей і форм навчання.

Укладачі:

доц. О.В. Брусенцов,
асист. А.В. Гончаров

Рецензент:

проф. В.Г. Пузир

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу

«ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ»

для студентів спеціальності ОПУТ усіх форм навчання

Відповідальний за випуск Брусенцов О.В.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 14.04.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 150. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра «Охорона праці та навколишнього середовища»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу «Основи ергономіки»

для студентів спеціальності ОПУТ усіх форм навчання

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» 8 грудня 2009 р., протокол № 11.

Рекомендовано для студентів усіх спеціальностей і форм навчання.

Укладачі:

Доц. Брусенцов О.В.

Асист. Гончаров А.В.

Рецензент:

Проф. В.Г. Пузир

Практичні заняття знайомлять студентів з основними вимогами ергономіки щодо раціонального урахування людського фактора при конструюванні та обслуговуванні систем “людина-машина”. Мета цього урахування – створення максимально ефективних і надійних систем управління та умов праці, що відповідають можливостям людини і сприяють тривалому збереженню її працездатності.

РОБОТА 1

Ергономічна оцінка робочого місця диспетчера

1 Мета роботи

Метою роботи є засвоєння методики вибору оптимальних розмірів і планування пульта управління, призначеного для різних контингентів операторів.

2 Загальні положення

Робоче місце людини-оператора – це місце в системі «людина-машина» (СЛМ), оснащене засобами відображення інформації та органами управління, завдяки яким здійснюється взаємозв'язок між людиною та машиною. Від того, наскільки конструкція та організація пульта управління враховують антропометричні характеристики та психофізіологічні можливості оператора, залежить ефективність роботи СЛМ у цілому.

Ергонометричне проектування робочого місця оператора проводиться за такими етапами:

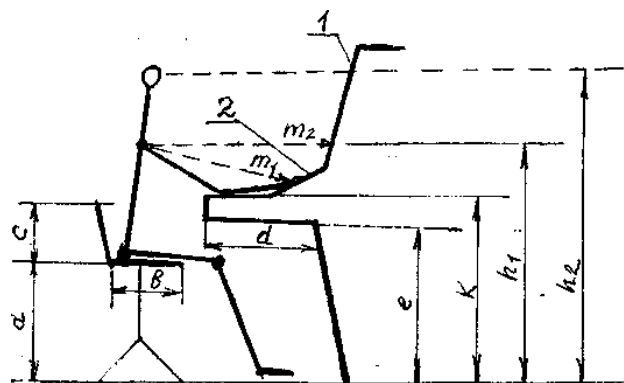
- а) організація робочого місця відповідно до антропометричних характеристик оператора;
- б) вибір і оцінка засобів відображення інформації з точки зору можливостей оператора сприймати зорову інформацію;
- в) вибір і оцінка органів управління з точки зору надійності функціонування системи;
- г) компоновання засобів відображення інформації та органів управління на пульті відповідно до ергономічних вимог;
- д) проектування зовнішнього виробничого середовища з урахуванням впливу його на оператора;

е) розрахунок ступеня складності інформаційного поля місця оператора.

При ергономічному проектуванні системи "людина-машина" і організації праці оператора для вирішення таких задач, як визначення розмірів системи управління та обслуговування, відповідності компоновальних характеристик апаратури та розмірних характеристик робочого простору можливостям і характеристикам людини, використовують **антропометричні характеристики** (АХ). Вирішення всіх цих питань забезпечує антропометричну відповідність обладнання й робочого простору можливостям і характеристикам оператора, підвищення імовірності його безпомилкової роботи і, зрештою, підвищення надійності СЛМ.

АХ визначають розміри тіла людини та його окремих частин, вони є випадковими величинами, що підлягають нормальному закону розподілу.

Необхідний діапазон змінювання АХ, що вивчається, задається або в частках середньоквадратичного відхилення σ по відношенню до математичного очікування M , або за допомогою перцентилей. Відношення між ними наведені в таблиці 1. Користуючись даними таблиці 1, можна в кожному конкретному випадку розрахувати відсоток людей, розміри яких буде задовольняти дана конструкція (сидіння, кабіна, пульт тощо).



1 – інформаційне поле; 2 – моторне поле; а, в, с – розміри робочого крісла; е, d – простір для ніг; h_1 – висота робочої поверхні;
 m_1, m_2 – мінімальна та максимальна зони досяжності;
 h_2 – висота лінії зору

Рисунок 1 – Робоче місце оператора

Таблиця 1 – Вихідні дані для вибору діапазону зміни антропометричних характеристик

Інтервал $M \pm a\sigma$	Перцентиль ¹⁰ , %	Процент людей, АХ яких міститься в інтервалі, що охоплюється (% охоплення)	a
$M \pm 2,5\sigma$	1 - 99	98	2,5
$M \pm 2,0\sigma$	2,5 – 97,5	95	2,0
$M \pm 1,65\sigma$	5 - 95	90	1,65
$M \pm 1,15\sigma$	12,5 – 87,5	75	1,15
$M \pm 1\sigma$	16 - 84	68	1
$M \pm 0,67\sigma$	25 - 75	50	0,67

3 Методика організації робочого місця оператора у відповідності з антропометричними характеристиками

Робоче місце (рисунок 1) має бути зручним для оператора з максимальними розмірами тіла й доступне для оператора з мінімальними розмірами для заданого контингенту. Перевірка виконання цієї вимоги здійснюється методом накладання плоских манекенів на креслення. Бригада студентів (2 люд.) одержує завдання, в якому надано: контингент операторів (держава, стать), їх середній зріст стоячи P , середньоквадратичне відхилення $\pm\sigma$ та процент охоплення.

3.1 Розрахунок антропометричних характеристик

За даними завдання визначають довірчий інтервал АХ стоячи, для чого знаходять максимальні та мінімальні значення зросту за формулами

$$M_{\max} = M_{\text{cp}} + a\sigma; \quad M_{\min} = M_{\text{cp}} - a\sigma \quad (1)$$

де a – коефіцієнт, що залежить від процента охоплення (таблиця 1).

На рисунку 2 зображені основні АХ для робочої пози «сидячи», які необхідно врахувати при організації пульта управління. Максимальне значення цих АХ, використане для побудови плоских манекенів, визначається розрахунковим

¹⁰ Перцентиль – сота частка вимірюваної сукупності, виражена в процентах, їй відповідає певне значення антропометричної характеристики.

шляхом.

Базовими даними для розрахунку є середні значення АХ для жителів України, вони наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Статистичні антропометричні характеристики жителів України

Назва розміру		Чоловіки		Жінки	
		M_{T_i}	σ_{T_i}	M_T	σ_T
Зріст «стоячи», см	x_1	168,8	5,8	156,7	5,7
Зріст «сидячи» від крісла, см	x_2	88,7	3,1	84,1	3,0
Відстань від очей до крісла, см	x_3	77,0	3,0	72,5	2,8
Відстань від крісла до плечової точки в положенні «сидячи», см	x_4	58,6	2,7	56,0	2,7
Довжина плеча, см	x_5	32,7	1,7	30,2	1,6
Довжина передпліччя і кисті, см	x_6	46,5	2,0	42,7	1,8
Довжина стегна, см	x_7	59,0	2,7	56,8	2,8
Висота коліна, см	x_8	50,0	2,4	46,7	2,4
Довжина ступні, см	x_9	26,0	1,8	24,0	1,8
Ширина плечей, см	x_{10}	38,0	1,8	34,9	1,6

Знаходимо коефіцієнт верхнього K_1 і нижнього K_2 відхилень, які ув'язують між собою АХ жителів України й заданого контингенту за формулами:

$$K_1 = \frac{M_{\max} - M_{T1}}{\sigma_{T1}}; \quad K_2 = \frac{M_{T1} - M_{\min}}{\sigma_{T1}}; \quad (2)$$

де M_T і σ_T – відповідно середній зріст стоячи жителів України і середньоквадратичне відхилення (таблиця 2);

M_{\max} і M_{\min} – визначений максимальний й мінімальний зріст стоячи заданого контингенту.

Максимальне й мінімальне значення інших АХ визначаються за формулами

$$X_i \max = M_{T_i} + K_1 \sigma_{T_i}; \quad X_i \min = M_{T_i} - K_2 \sigma_{T_i}, \quad (3)$$

де $X_i \max$ і $X_i \min$ – відповідно максимальне і мінімальне значення

i-ї АХ;

M_{Ti} , σ_{Ti} – середні значення i-ї АХ і середньоквадратичне відхилення для жителів України (таблиця 2)

K_1 і K_2 – коефіцієнти верхнього та нижнього відхилень.

Після розрахунку АХ враховують поправку на одяг (таблиця 3).

Таблиця 3 – Поправка на одяг і взуття

Назва розміру	Збільшення на одяг, мм	
	легкий	теплий
1 Зріст у положенні «сидячи»	0	5,0 – 7,5
2 Відстань від крісла до очей в положенні «сидячи»	0	5,0 – 7,5
3 Висота коліна в положенні «сидячі» (взуття + одяг)	25,0	37,5 та більше
4 Довжина плеча	3,5	7,5
5 Довжина передпліччя і кисті	3,5	12,5
6 Ширина плечей	7,5	37,5
7 Довжина стегна	35,0	17,5
8 Довжина ступні (надвірне взуття)	30,0	30,0

3.2 Побудова плоских манекенів

Плоскі манекени будуються в масштабі 1:10. Манекен виготовляють зі щільного матеріалу – картону, ватману та ін. Шарнірні з'єднання частин манекена здійснюються мідним дротом діаметром 0,4 - 0,5 мм. Робочий вигляд манекена зображено на рисунку 2.

Точками вказані місця шарнірних з'єднань частин манекена. За даними розрахунку та рекомендованою шириною вирізаються з щільного матеріалу прямокутники частин манекена. Рекомендована ширина прямокутників частин манекена: прямокутник «тулуб» – половина ширини плечей; прямокутник «стегно» – 15 мм, прямокутник «коліно» – 12 мм, прямокутник «плече», «передпліччя» і «кисть» – 10 мм, прямокутник «ступня» – 6 мм. При вирізуванні прямокутників «плече», «передпліччя і кисть», «стегно» необхідно збільшити їх по відношенню до розрахованих розмірів для кріплення до «тулуба» і один до одного

з тим, щоб витримати розраховані розміри при складанні манекенів. Після складання манекена необхідно прямокутникам надати форму, близьку до прототипу. Готові манекени подаються викладачеві для перевірки.

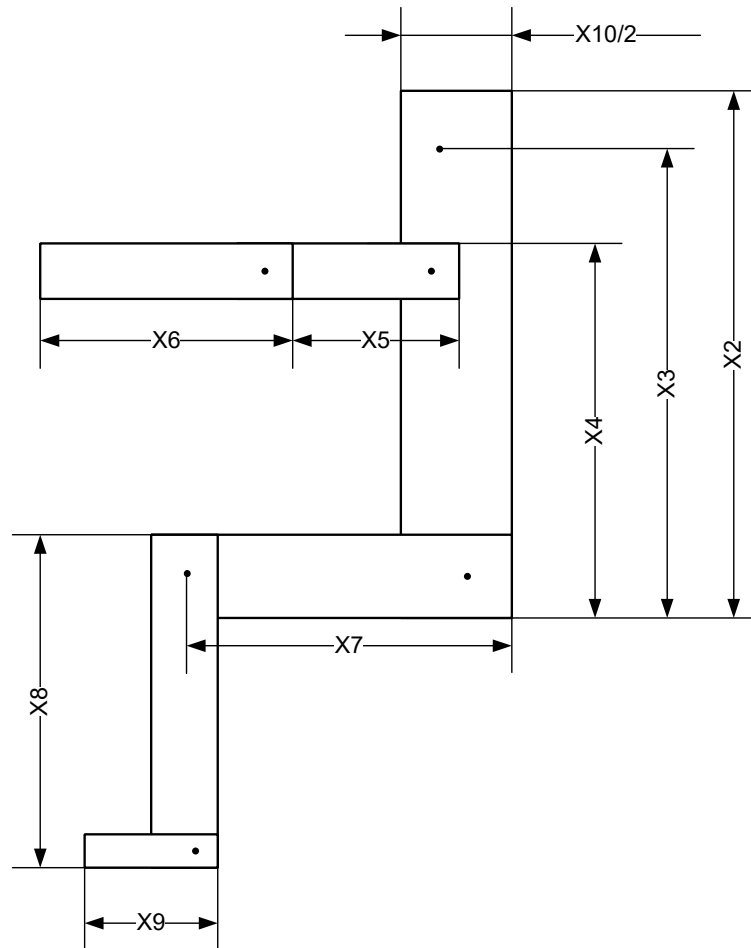


Рисунок 2 – Плоский манекен

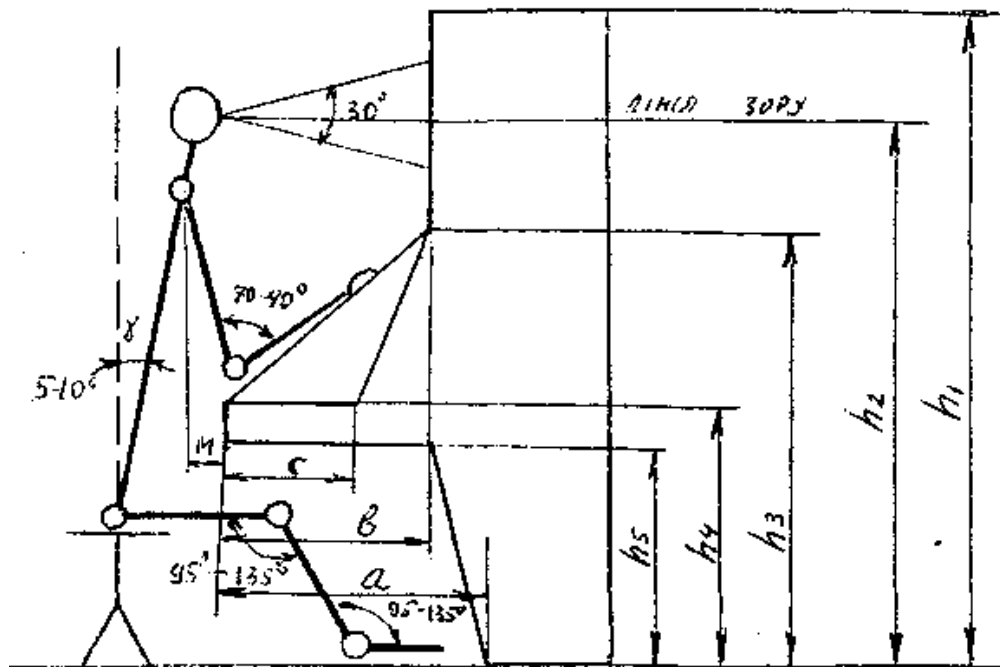
3.3 Організація пульта управління

При організації пульта управління для робочої пози «сидячи» відповідно до розмірів тіла оператора (зручність для максимального й доступність для мінімального) необхідно виконати такі дії:

а) на чистий аркуш паперу накладається манекен, виготовлений за максимальними розмірами з фізіологічно раціональною робочою позою «сидячи» (рисунок 3).

Фізіологічно раціональною робочою позою є робоча поза, що відповідає критеріям функціонального комфорту, тобто: характеризується випрямленим положенням хребетного стовпа із

збереженням його природних вигинів, мінімальним навантаженням на м'язову систему тіла людини та відсутністю болісних відчуттів у результаті дії елементів робочого місця на тіло людини, що сидить.



h_1 – висота пульта; h_2 – висота лінії погляду (середня для максимального і мінімального манекенів); h_3 – висота моторного поля; h_4 – висота робочої поверхні; h_5 – висота простору для ніг; a – глибина простору для ніг; b – відстань від переднього краю робочої поверхні; m – віддалення від плечової точки до переднього краю робочої поверхні

Рисунок 3 – Пульт управління. Вертикальне інформаційне, похиле моторне поле

У практичній роботі фізіологічно раціональна робоча поза досягається виконанням таких умов:

- відстань від очей оператора до інформаційного поля 710 мм;
- натуральний нахил корпусу вперед на 5° - 10° ;
- кут згинання між стегном та голінню 95° - 135° ;
- ступня на підлозі;
- стегно горизонтальне;
- оператор максимальних розмірів не повинен опиратися ступнею в стійку пульта управління;

- оператор повинен мати можливість обіпертися ліктем на робочу поверхню.

Висота простору для ніг повинна забезпечити операторові, який має максимальні розміри тіла, можливість покласти ногу за ногу;

б) після надання манекену фізіологічно раціональної робочої пози «сидячи» рисують контури пульта управління (рисунок 3);

в) на рисунок пульта управління накладається манекен, виготовлений за мінімальними розмірами у фізіологічно раціональній робочій позі («сидячи»). Перевіряється доступність робочого місця (висота робочої поверхні пульта управління, зони досяжності та моторного поля і т.д.). При визначенні висоти робочої поверхні пульта управління необхідно врахувати можливість регулювання крісла по висоті і застосування підставки для ніг.

Після змін в організації робочого місця оператора на рисунок пульта управління накладається манекен, виготовлений за максимальними розмірами, і перевіряється збереження умов зручності робочого місця для нього. Маніпулюючи манекенами, досягають такого положення, при якому пульт управління був би зручним для операторів з максимальними та з мінімальними розмірами.

Знімаються розміри пульта управління, що вказані на рисунку 3.

Креслення організації пульта управління подаються викладачеві для перевірки й підпису.

РОБОТА 2

Визначення кількісних характеристик діяльності людини-оператора

1 Мета роботи

Метою роботи є засвоєння методики оцінки кількісних характеристик діяльності людини-оператора.

2 Кількісні показники діяльності людини-оператора

Людина-оператор розглядається в ергономіці як специфічна ланка системи “людина-машина” і характеризується низкою показників, зокрема швидкодією, надійністю, точністю. Ці показники мають свої аналоги у машинній частині системи. Крім того, оператор характеризується специфічними характеристиками, такими як, наприклад, психофізіологічна напруженість. Ці показники не мають аналогів у машинній частині.

Показником швидкодії є час вирішення задач оператором, тобто час від моменту появи сигналу до моменту закінчення здійснення керуючих впливів. У найпростішому випадку цей час пропорційний об’єму переробленої людиною інформації і визначається як

$$\tau_{on} = a + bI,$$

де I – об’єм переробленої інформації;
 a, b – константи.

Інколи за наявності черги сигналів оператор не відразу приступає до їх обробки. У цьому випадку на очікування сигналу обслуговування витрачається певний час, що збільшує загальний час обслуговування, а швидкодія визначається як

$$\tau_{on} = \tau_{ож} + \frac{I}{V_{on}},$$

де $\tau_{ож}$ – час, упродовж якого оператор чекає сигнал, с;
 I – об’єм переробленої інформації, біт;
 V_{on} – інтенсивність роботи оператора, біт/с.

Необхідна швидкодія оператора визначається тривалістю циклу управління, що звичайно задана і зображується виразом

$$T_{\text{ц}} = \tau_{\text{оп}} + \sum_{i=1}^n \tau_i,$$

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу управління, с;

τ_i – час затримки сигналу в i -й ланці машини, с;

n – число машинних ланцюгів;

$\tau_{\text{оп}}$ – швидкодія оператора, с.

При заданому $T_{\text{ц}}$ і відомих τ_i від операторів вимагається швидкодія

$$\tau_{\text{оп}} \leq T_{\text{ц}} - \sum_{i=1}^n \tau_i.$$

Під точністю роботи оператора розуміють ступінь відхилення деякого параметра, що вимірюється, настраюється або регулюється, від свого істинного, заданого або номінального значення. Кількісно точність роботи оператора оцінюється величиною похибки, з якою оператор вимірює, встановлює або регулює параметр:

$$\gamma_{\text{оп}} = X_n - X_{\text{оп}},$$

де X_n – істинне або номінальне значення параметра;

$X_{\text{оп}}$ – фактично виміряне або відрегульоване оператором значення параметра.

У роботі оператора розрізняють випадкову і систематичну похибки. Випадкова похибка оператора оцінюється величиною середньоквадратичної похибки. Систематична похибка залежить як від умов роботи оператора, так і від його стану.

Величина похибки може мати як позитивний, так і негативний знак. Поняття помилки і похибки близькі, але не тотожні. Так, доки величина похибки не виходить за допустимі межі, вона не є помилкою. Поняття похибки найбільш важливе для тих випадків, коли параметр, що вимірюється або регулюється, являє собою аналогову або безперервну величину.

Надійність діяльності оператора характеризується звичайно імовірністю правильного розв'язання задачі. Для оцінки цієї імовірності використовується формула

$$P_{on} = \frac{M}{N},$$

де M – число правильно розв'язаних задач;
 N – загальне число задач, що розв'язуються.

Необхідна надійність оператора при послідовному з'єднанні ланок визначається надійністю всієї системи, яка здійснює цикл управління:

$$P_u = P_{on} \prod_{i=1}^n P_i,$$

де P_i – надійність роботи i -ї ланки машини протягом часу;
 P_u – надійність всієї системи, яка здійснює управління.

З формули видно, що, оскільки всі складові менші 1, підсумкова P_u буде визначатися найменшою величиною. Звідси випливає, що для збільшення підсумкової надійності в першу чергу необхідно збільшити надійність тих ланок системи, де вона найменша, іншими словами – застосувати більш досконалі, а отже, і надійні технічні пристрої. Це дасть значно більший ефект, ніж прийняття аналогічних заходів до ланок, що мають більшу надійність.

При заданому P_u і відомих P_i необхідна надійність роботи оператора визначається виразом

$$P_{on} \geq \frac{P_u}{\prod_{i=1}^n P_i}.$$

Задача

Визначити потрібні кількісні характеристики діяльності людини-оператора в системі управління, що включає в себе оператора і три з'єднаних послідовно машинних ланки.

Вимагається визначити:

1 Чи забезпечить оператор за заданих умов необхідну швидкодію системи “людина-машина”?

2 Які вимоги мають висуватися до надійності роботи оператора?

3 Чи буде забезпечена за цих умов необхідна похибка проведення циклу регулювання?

Вимоги до системи: $T_{ц} \leq 15$ с, $P_{ц} \geq 0,95$, $\gamma_{ц} \leq 9$ біт.

$V_{оп} = 2$ біт/с; $\tau_{ож} = 2$ с; $\gamma_{оп} = 3$ біт; $I = 20$ біт.

Характеристики технічних ланок складають:

$\tau_1 = 1,5$ с; $\tau_2 = 2$ с; $\tau_3 = 0,8$ с;

$P_1 = 0,99$; $P_2 = 0,97$; $P_3 = 1$;

$\gamma_1 = 2$ біт; $\gamma_2 = 5$ біт; $\gamma_3 = 7$ біт.

Визначаємо швидкодію оператора за даних умов:

$$\tau_{оп} = \tau_{ож} + \frac{I}{V_{оп}} = 2 + \frac{20}{2} = 12 \text{ с.}$$

Необхідна швидкодія оператора за даних умов

$$\tau_{оп}^{номп} = T_{ц} - \sum_{i=1}^3 \tau_i = 15 - (1,5 + 2,0 + 0,8) = 10,7 \text{ с.}$$

Отже, швидкодія оператора не забезпечує допустиму тривалість циклу управління.

Для забезпечення цієї умови необхідно застосувати більш швидкодійні технічні ланки (зменшити τ_i) або організувати спеціальне навчання оператора (збільшити $V_{оп}$).

Необхідна надійність оператора дорівнює

$$P_{оп} = \frac{P_{ц}}{\prod_{i=1}^n P_i} = \frac{0,95}{0,99 \cdot 0,97 \cdot 1} = 0,989.$$

Таким чином, оператори повинні бути навчені і натреновані так, щоб вони припускали в середньому не більше одинадцяти помилок при проведенні тисячі циклів управління.

Якщо результат дорівнюватиме або буде більше одиниці, це означає, що вимоги до оператора нереально високі і для їх

зменшення необхідно висунути більш жорсткі вимоги до технічних ланок.

Визначимо підсумкову середньоквадратичну випадкову помилку системи “людина-машина”:

$$\gamma_u = \sqrt{\gamma_{on}^2 + \sum_{i=1}^n \gamma_i^2} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 5^2 + 7^2} = 9,4 \text{ біт.}$$

Як видно, точність проведення циклу управління не відповідає заданим вимогам. Для виконання умов необхідно в першу чергу зменшити похибку, що вноситься третім машинним блоком.

