

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**  
**(КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ)**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**

# **ЕРГОНОМІКА**

*(для студентів заочної форми навчання  
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018**

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи (контрольної роботи) з дисципліни «Ергономіка» (для студентів заочної форми навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : І. А. Афанасьєва, О. В. Прасоленко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 8 с.

Укладачі : канд. техн. наук І. А. Афанасьєва,  
канд. техн. наук О. В. Прасоленко

Рецензент **Є. І. Куш**, канд. техн. наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,  
протокол № 1 від 31.08.2016.*

## КОНТРОЛЬНА РОБОТА

### ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА

**Мета роботи:** одержати навички в проведенні орієнтовних розрахунків необхідної швидкодії, надійності й точності роботи оператора на підставі вимог, пред'явлених до процесу керування.

#### Загальні відомості

Одним з основних понять, що характеризують процес керування в системі «людина-машина» (СЛМ), є цикл регулювання, під яким розуміється проміжок часу від моменту зміни стану керованого об'єкта (КО) до моменту повернення його до нового (необхідного) стану.

Оператор, як ланка системи «людина-машина», характеризується швидкістю, надійністю й точністю роботи. Ці параметри мають свої аналоги в машинній частині системи. Необхідні значення можна визначати на підставі загальних вимог, пропонованих до циклу регулювання. Крім того, оператор, як специфічна ланка системи, характеризується напруженістю своєї діяльності. Цей параметр не має аналогу в машинній частині системи.

Показник швидкодії – це час рішення завдання, тобто час від моменту реагування оператора на сигнал до моменту закінчення керуючих впливів. Звичайно цей час є прямо пропорційним кількості переданої людині інформації:

$$t_{on} = a + bh, \quad (1)$$

де  $a$  і  $b$  – деякі константи ( $a \approx 0,2$  – схований час реакції, тобто проміжок часу від моменту появи сигналу до реакції на нього оператора,  $b$  – величина, зворотна швидкості переробки інформації оператором);  $h$  – кількість інформації, що переробляється. У деяких випадках (при наявності черги сигналів) оператор не відразу приступає до обробки сигналу. Тоді на очікування сигналу обслуговування витрачається якийсь час  $t_{ож}$  а швидкодія оператора характеризується величиною:

$$t_{np} = t_{on} + t_{ож}, \quad (2)$$

де  $t_{np}$  – час перебування інформації на обслуговуванні;

$t_{on}$  – час обслуговування (обробки) сигналу оператором;

$t_{ож}$  – час очікування початку обслуговування.

Необхідна швидкодія оператора визначається тривалістю циклу регулювання яка звичайно буває задана:

$$T_u = t_{np} + \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3)$$

де  $T_u$  – тривалість циклу регулювання;

$n$  – кількість машинних ланок;

$t_i$  – час затримки сигналу в  $i$ -й ланці машини.

При заданому  $T_u$  і відомих  $t_i$  (вони звичайно відомі за паспортним даними технічних пристроїв) від оператора потрібна швидкодія:

$$t_{np} \leq T_u - \sum_{i=1}^n t_i. \quad (4)$$

Надійність діяльності оператора характеризується звичайно ймовірністю правильного розв'язку завдання. Ця ймовірність визначається величиною:

$$P_{on} = \frac{m}{N}, \quad (5)$$

де  $m$  – кількість правильних вирішень завдань;  
 $N$  – загальна кількість розв'язуваних завдань.

Необхідна надійність оператора визначається надійністю проведення циклу регулювання:

$$P_u = P_{on} \prod_{i=1}^n P_i(T_u), \quad (6)$$

де  $P_i(T_u)$  – надійність роботи  $i$ -ї ланки машини протягом часу ( $T_u$ ).

При заданому  $P_u$  і відомих  $P_i$  (їх значення бувають відомими в результаті розрахунків, методи цих розрахунків добре розроблені в теорії надійності) необхідна надійність оператора:

$$P_{on} \geq \frac{P_u}{\prod_{i=1}^n P_i(T_u)}, \quad (7)$$

Надійність і швидкодія операторів для алгоритмізованих видів діяльності оцінюють структурними методами, що припускають знання структури діяльності й характеристик надійності й швидкодії окремих дій.

Розглянуті характеристики діяльності оператора значною мірою залежать від способу її виконання, тобто від навичок і вміння оператора й мотивів його поведінки, а також від зміни умов виконання діяльності. Тому характеристики окремих дій слід оцінювати обережно, ті самі дії, які входять до різних діяльностей, навіть в одного оператора можуть мати різні значення, якщо мотиви, способи виконання цих дій будуть різними. Дана характеристика діяльності оператора – точність його роботи. У деяких випадках її помилково ототожнюють із надійністю. Фактично ж надійність і точність являють собою різні характеристики, що оцінюють різні сторони діяльності оператора.

Під точністю роботи оператора слід розуміти ступінь відхилення деякого параметра, вимірюваного, установлюваного або регульованого оператором, від свого дійсного, заданого або номінального значення. Кількісно точність роботи

оператора оцінюється величиною погрішності з якої оператор вимірює, установлює або регулює даний параметр:

$$\gamma = y_n - y_{on}, \quad (8)$$

де  $y_n$  – дійсне або номінальне значення параметра;

$y_{on}$  – фактично вимірюване або регульоване оператором значення цього параметра.

Погрішність може мати як позитивний так і негативний знак. Поняття помилки й погрішності не тотожні між собою: не всяка погрішність є помилкою. Доти, поки погрішність не виходить за припустимі межі вона не є помилкою в роботі оператора, і тільки а якщо ні, то її слід вважати помилкою й урахувати також при оцінці надійності. Поняття погрішності найбільше характерно для тих випадків, коли вимірюваний або регульований оператором параметр являє собою безперервну величину. Так, наприклад, можна говорити про точність визначення координат літака оператором радіолокаційної станції, точності настроювання радіостанції на дану довжину хвилі, точності зняття результатів з вимірювальних приладів точності регулювання температури й тиску в доменній печі і т. д.

У роботі оператора слід розрізняти постійну й тимчасову погрішності. Постійна погрішність характеризується математичним очікуванням окремих значень:

$$\gamma_{on\ noc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \gamma_i \quad (9)$$

де  $\gamma_i$  – погрішність  $i$ -го виміру, регулювання параметра;

$N$  – кількість вимірів, регулювань.

Необхідна від оператора погрішність визначається із заданої погрішності проведення циклу регулювання:

$$\gamma_{\psi\ noc} = \gamma_{on\ noc} + \sum_{j=1}^k \gamma_{mj}, \quad (10)$$

де  $k$  – кількість машинних ланок;

$\gamma_{mj}$  – постійна погрішність  $j$ -ї ланки машини.

При відомій погрішності циклу регулювання, яка зазвичай визначається технічними умовами СЛМ, і відомих погрішностях машинних ланок припустима погрішність роботи оператора:

$$\gamma_{on\ noc} \leq \gamma_{\psi\ noc} - \sum_{j=1}^k \gamma_{mj}. \quad (11)$$

Боротьба з постійними погрішностями не викликає особливих труднощів. Її вплив можна нейтралізувати відповідним калібруванням, застосуванням методів компенсації, усуненням причин, що викликають погрішність.

Змінна складова погрішності оператора оцінюється величиною середньоквадратичного відхилення окремих погрішностей:

$$\gamma_{on\ пер} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\gamma_i - \gamma_{on\ noc})^2}, \quad (12)$$

Цей вид погрішності завжди є величиною позитивною. Змінна погрішність проведення циклу регулювання:

$$\gamma_{ц\ пер} = \sqrt{\gamma_{on\ пер}^2 + \sum_{j=1}^k \gamma_{м\ пер\ j}^2}, \quad (13)$$

Позначення у формулі (13) прийняті такі ж, як і у формулі (10).

При заданій змінній погрішності проведення циклу регулювання й відомих погрішностях машинних ланок необхідна погрішність роботи оператора:

$$\gamma_{on\ пер} \leq \sqrt{\gamma_{ц\ пер}^2 - \sum_{j=1}^k \gamma_{м\ пер\ j}^2}, \quad (14)$$

З аналізу формул (13) і (14) випливає висновок: для зменшення результуючої змінної погрішності в першу чергу необхідно ліквідувати або хоча б частково нейтралізувати джерело більшої погрішності. Це дає більший ефект, ніж вживання аналогічних заходів стосовно джерела меншої погрішності. Боротьба зі змінними погрішностями являє собою більш складне завдання, ніж боротьба з постійними погрішностями. Основним способом тут є підвищення стабільності діяльності оператора й роботи машин.

### Постановка завдання

Система керування виробничим процесом містить у собі оператора й три технічних пристрої, з'єднані послідовно. Характеристики технічних пристроїв наступні: час затримки сигналу в  $i$ -й ланці машини ( $t_i$ ), надійність роботи  $i$ -ї ланки машини протягом часу  $T_{ц}$  ( $P_i(T_{ц})$ ), змінна погрішність  $j$ -ї ланки машини ( $\gamma_{м\ пер\ j}$ ). Вихідні дані вибираються з таблиці 1 відповідно до останньої цифри номера залікової книжки.

Кількість інформації, що циркулює в межах одного циклу регулювання, становить 20 дв. од., швидкість переробки інформації оператором 2 дв. од./с. Середнє значення часу очікування інформації в черзі на обслуговування оператором становить 2 с. Змінна погрішність у роботі оператора дорівнює 3. З аналізу особливостей протікання виробничого процесу до системи керування пред'явлені такі вимоги: час циклу регулювання не повинен перевищувати 15 с, надійність його проведення - не менш 0,95, а змінна погрішність – не більш 9.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Номер варіанта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1$	1,5	1,7	1,4	1,6	1,3	1,7	1,5	1,6	1,8	1,5
$t_2$	2	1,9	2,2	2	2,2	2,1	1,8	1,8	1,9	1,7
$t_3$	0,8	1	0,8	1,1	0,9	0,7	1,2	0,7	0,9	1,1
$P_1(T_u)$	0,99	0,98	0,99	0,97	0,99	0,97	0,97	1,0	0,97	0,99
$P_2(T_u)$	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,96	1,00	0,96	0,97	0,97
$P_3(T_u)$	1,0	0,99	0,99	0,98	0,99	1,0	0,98	1,0	1,0	0,98
$\gamma_{м пер 1}$	2	3	4	3	5	4	5	3	4	4
$\gamma_{м пер 2}$	5	5	6	4	5	6	7	7	8	5
$\gamma_{м пер 3}$	7	8	5	8	6	5	5	4	4	5

У результаті виконання роботи слід визначити:

1. Чи забезпечить оператор при заданих умовах потрібну швидкодію системи «людина-машина» ?
2. Які вимоги повинні бути пред'явлені до надійності роботи оператора?
3. Чи буде забезпечена при цих умовах потрібна погрішність проведення циклу регулювання?

### Порядок виконання роботи

1. На підставі формул (1) і (2) визначаємо швидкодію оператора за даних умов.
2. З використанням формули (3) визначаємо необхідну швидкодію оператора.
3. З урахуванням умови (4) визначаємо, чи забезпечить оператор при заданих умовах необхідну швидкодію системи «людина-машина». У випадку якщо швидкодія оператора не забезпечує припустиму тривалість циклу регулювання, запропонувати заходи щодо усунення даного невідповідності.
4. З використанням формули (7) визначити необхідну надійність роботи оператора. Указати яким чином може бути досягнуто необхідний рівень надійності роботи оператора (див. формулу (5)).
5. По формулі (13) розрахувати результуючу змінну помилку системи «людина-машина», на підставі чого визначити чи буде забезпечена при цих умовах необхідна погрішність проведення циклу регулювання чи ні. У випадку якщо точність проведення циклу регулювання не задовольняє пред'явленим вимогам, запропонувати спосіб усунення даного невідповідності.
6. Зробити висновки по роботі.

Щоб забезпечити цю умову, необхідно застосувати більш швидкодіючі технічні пристрої (зменшити  $t_i$ , або провести перерозподіл функцій між оператором у технічних пристроях (зменшити  $H$ ), або висунути підвищені вимоги до швидкодії оператора шляхом уведення професійного відбору операторів по швидкості їх роботи (збільшити  $v$ ). Операторів необхідно навчати та тренувати, щоб вони робили в середньому не більш  $n$  помилок при проведенні ста циклів регулювання.

Для досягнення погрішності не перевищуючої припустиму, необхідно зменшити погрішність внесену машинним блоком  $n$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю. О. Давідіч. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов // Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 392 с.
2. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.
3. Системологія на транспорті. Ергономіка: у 5 кн. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ. : Знання України, 2008. – 256 с. – (5 кн. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. кн. 5).
4. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте. / Э. В. Гаврилов. – Киев : Техника, 1976. – 152 с.
5. Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – М. – Белгород АСВ, 1998. – 138 с.
6. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей / Н. К. Игнатов, В. М. Мишуринов, Р. Т. Мушегян, В. А. Сергеев. – М. : Транспорт, 1978. – 88 с.
7. Бутуханов В. В. Функциональная диагностика XXI века [Электронный ресурс] / В. В. Бутуханов. – Режим доступа : <http://medtreatment.narod.ru>.
8. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 222 с.
9. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов / Р. М. Баевский. – М. : Физкультура и спорт, 1996. – 143 с.
10. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. – М. : Транспорт, 1991. – 183 с.



*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
(контрольної роботи)  
з дисципліни  
**ЕРГОНОМІКА**  
(для студентів заочної форми навчання  
спеціальності 275 – Транспортні технології)

Укладачі : **АФАНАСЬЄВА** Іветта Анатоліївна,  
**ПРАСОЛЕНКО** Олексій Володимирович

Відповідальний за випуск *В. К. Доля*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2016, поз. 199 М

---

Підп. до друку 23.05.2017. Формат 60x84/16  
Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 0,3  
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.