

УДК 658.511.5.007.2:658.274:331.546

Рогач Ю.П., канд. техн. наук, професор
(ТДАТУ)

**КРИТЕРІЙ І МЕТОД ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ
ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ НА
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Рогач Ю.П., канд. техн. наук, професор
(ТГАТУ)

**КРИТЕРИЙ И МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ К
ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Rogach Yu.P., Ph.D. (Tech), Professor
(TSACU)

**CRITERION AND METHOD FOR ESTIMATING PROFESSIONAL
FITNESS OF MOBILE MACHINERY OPERATORS TO EXECUTION OF
WORKS AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Анотація. Відмічено, що види виробничої діяльності людини у будь-якій сфері виконуються у двох варіантах: колективна праця з використанням стаціонарного обладнання і індивідуальна на мобільних машинах. Другий варіант висуває додаткові вимоги до індивідуальних якостей людини-оператора, зокрема, до його професійної придатності до виконання саме цього виду робіт. Професійна придатність залежить від багатьох чинників; майже всі вони не допускають ефективної формалізації і аналітичного опису, що вимагає застосування методів експертної оцінки ступеню професійної придатності з подальшим порівнянням думок експертів і їх кількісної спільної оцінки. Запропоновано метод оцінки професійної придатності операторів мобільної техніки, зокрема у гірничій промисловості, і наведено приклад його практичного застосування.

Ключові слова: оператор мобільної техніки, професійна придатність, критерій, метод оцінки.

Кожне виробництво характеризується двома видами техніки, що використовуються. З одного боку, це – стаціонарні пристрої та устаткування, які мають багатофункціональне призначення, характеризуються складністю і потребують обслуговування великою кількістю спеціалістів, різних за фахом та кваліфікацією. З іншого – мобільне обладнання різних ланок технологічного процесу, особливістю якого є змінне розташування у просторі, обмежена функціональність (кожний його вид призначений для виконання окремого виду робіт), відносна нескладність у обслуговуванні та експлуатації і можливість виконання всіх цих дій однією (зрідка - кількома) людиною з обмеженими переліком обов'язків і рівнем кваліфікації. Вимоги до такого працівника (оператора мобільної техніки) мають деякі особливості, які визначаються необхідністю прийняття самостійних рішень у ході технологічного процесу, вміння оперативно орієнтуватися у нештатних ситуаціях та іншими факторами, які не мають такого значення під час колективної праці за умови прийняття рішень і вироблення обґрунтова-

них мір експертним шляхом. Тому від оператора мобільної техніки вимагаються не тільки відповідні кваліфікація і стан здоров'я, а ще й дотримання кількох показників, що складніше формалізуються; найважливішим з них є професійна придатність.

У загальному розумінні професійна придатність – це міра відповідності якостей людини, як суб'єкту діяльності, вимогам професії, а також *здібність* (виділено нами. – Авт.) виконувати відповідні трудові функції.

Саме здібність і виділяє у людині можливість виконувати справу саме у вибраній галузі, і саме вона потребує, внаслідок невизначеності своїх складових, розробки критеріїв визначення.

Професійна придатність до різних видів робіт базується в першу чергу на визначенні рівня розвитку психофізіологічних якостей. Встановлено ряд загальних (якісних) принципів професійної придатності людей до виконання обов'язків [1]:

а) не кожна людина має здібності до будь-якої роботи, тобто вона може добре працювати лише у межах певної групи професій;

б) схильність до професії визначається психофізіологічними якостями не тільки до здобуття знань і навичок, але і до їх практичного використання;

в) непридатність до роботи у визначеному виді діяльності не може бути компенсована тривалістю тренування (тобто підвищення кваліфікації не є запорукою набуття придатності);

г) придатність до професії визначається не тільки психофізіологічними особливостями людини, але і її загальною компетентністю і ступенем мотивації своєї праці. Тобто придатність може бути і набутою; якщо вона і не визначається об'єктивно, то це може компенсуватися суб'єктивними чинниками: якщо людина вважає себе до чогось придатною і хоче бути придатною до чогось – це деякою мірою може стати досяжним.

Принцип г) є основою проведення професійного відбору працівників шляхом їх класифікації в залежності від ступеню розвитку (слід відзначити: не просто наявності) професійно значимих якостей [2]. Критерієм (поки лише якісним) є межа, вище якої робітник-оператор є «успішно» придатним, а нижче – «умов-но» придатним для виконання робіт, які йому планується доручити. Ця задача може бути вирішена шляхом однофакторного дисперсного аналізу залежності між професійною придатністю операторів, яка визначається методами експертних оцінок, та результатами їх психофізіологічного тестування.

Метод експертних оцінок у даному випадку є досить вдалим інструментом комплексування кількісних і якісних чинників досліджуваного процесу шляхом інтуїтивно-логічного аналізу колективом експертів чинників, які не піддаються ефективній формалізації, з подальшою кількісною оцінкою міркувань та аналітичною обробкою результатів.

Дослідження проводилися нами на прикладі мобільної сільськогосподарської техніки, але аналіз свідчить про те, що використання загальних підходів і відсутність врахування специфіки лише агротехнологічного виробництва дає

можливість (звичайно, з внесенням деяких корективів за вимогою користувача) провадити аналогічні оцінки і в інших галузях промисловості, зокрема, гірничій.

Оцінювати професійну придатність операторів мобільної техніки пропонується наступним чином.

а) на першому етапі складається перелік показників, за якими може оцінюватися професійна придатність працівників. Він може бути довільним, з врахуванням лише наступних чинників: невеликої кількості і реальної подрібненості, бо інакше ускладнюється праця експертів і знижується достовірність отриманих результатів. Нами були вибрані наступні показники: пам'ять, увага, відповідальність, зрозумілість, емоційна стійкість. Вони не є оригінальними, більш за те, існують різні психологічні тести, за результатами проходження яких можна робити висновки про стан особи, яка їх проходить. Але отримані результати будуть лише якісними, і для їх уточнення потрібна участь людини-експерта;

б) визначається перелік осіб, які компетентні у галузі проведення необхідних оцінок, і їх необхідна кількість. Перше неможливо зробити абсолютно об'єктивно, тому кількість їх за можливістю повинна бути збільшена; оптимальну чисельність групи експертів визначити важко, тому реальні межі такого збільшення визначаються об'ємом вибірки n , при якому гранично допустима помилка в оцінці не перевищувала б одиниці (за результатами аналізу малої вибірки)

$$n \geq \left(\frac{tS}{\Delta\bar{x}} \right)^2,$$

де t – значення аргументу формули Лапласа (за умови надійності $\gamma=0,95$, достатньої для інженерних розрахунків, $t=1,96$); S – середньоквадратичне відхилення при малій виборці; $\Delta\bar{x}$ – гранично допустима помилка (дорівнює одиниці).

При визначенні мінімального об'єму вибірки перевіряється умова $\Delta\bar{x} \geq 1$ при чисельності експертів, яка має місце

$$\Delta\bar{x} = \frac{1}{12 \sum (t_i^3 - t_i)},$$

де S – середнє квадратичне відхилення при даній кількості експертів; t_j – чи-сло однакових рангів в j – му рядку, коли який-небудь експерт не може встано-вити рангові відхилення між деякими суміжними факторами.

В результаті розраховується коефіцієнт конкордації W загальної рангової кореляції для груп, які складаються з m експертів та n операторів (ступінь єднання думок експертів) за формулою

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} - m \sum Q_j,$$

де $S = \sum \left\{ \sum x_y - \frac{1}{2m(n+1)} \right\}^2$; $\sum x_y$ - сума рангів по кожному фактору, здобута від всіх експертів.

в) визначається кількість і перелік операторів, професійна якість яких підлягатиме оцінці експертів; в нашому випадку їх було 30; у подальшому викладенні номери їм надано умовно;

г) згідно з оцінками експертів (від 3 (найнижча) до 5) було отримано 5 класів професійної придатності операторів: I – експертна оцінка 5; II – 4,5; III – 4; IV – 3,5; V – 3. Коефіцієнт конкордації склав $W=0,82$. Розподіл операторів по класах представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Розподіл операторів за класами професійної придатності		
Клас	Номер оператора	Кількість у класі
I	3,6,14,16,22,23	6
II	8,18,20,24,26,27,28	7
III	9,12,15,17,29	5
IV	1,7,10,11,21,25,30	7
V	2,4,5,13,19	5

д) дослідження зв'язку між результатами тестування операторів і класами професійної придатності, встановлені експертним шляхом, проводились за допомогою методу дисперсного аналізу. П'ять цих класів утворюють однофакторний експеримент з S рівнями. Результати тестування (узагальнена оцінка B_y) є

спостереженнями або результатами експерименту, які згруповані у 5 класів. Математична модель експерименту має вигляд

$$B_y = \mu + T_j + \varepsilon_{ij},$$

де B_y – i -ий результат на j -му рівні ($i=1, \dots, 30; j=1, \dots, 5$); i – номер оператора; j – номер класу або рівня; μ – загальний ефект усього експерименту, означає середню узагальнену оцінку по тестах для усіх рівнів; ε_{ij} – випадкова помилка в i му результаті на j -му рівні; $T_j = \mu_{0j} - \mu$, μ_{0j} – середня оцінка j – го рівня;

е) для виявлення наявності суттєвої різниці в середніх результатах тестування операторів різних класів було зроблено перевірку гіпотези щодо відсутності різниці у середніх, тобто $T_j = 0$ для усіх j . Якщо ця гіпотеза правильна, то ніяких ефектів рівнів немає і відсутній зв'язок між класами.

У методі дисперсійного аналізу для перевірки гіпотези використовується F – статистика. Тобто, якщо

$$F_c = \frac{SS_{icn} / \text{число ступенів свободи для } SS_{icn}}{SS_{zag} / \text{число ступенів свободи для } SS_{zag}},$$

і спостережуване $F_c > F_{кр}$ – критичного, то гіпотеза H_0 відкидається, інакше – приймається. $F_{кр}$ визначалися на 95%-ному рівні значущості, тобто 95% від правильної імовірності.

Виборки для проведення однофакторного дисперсійного аналізу результатів по 9 тестах та узагальненої оцінки наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Розрахункові показники для дисперсійного аналізу

Показник	Клас				
	I	II	III	IV	V
B_y	0,673	0,644	0,643	0,533	0,639
	0,692	0,640	0,631	0,523	0,524
	0,714	0,642	0,651	0,640	0,473
	0,707	0,643	0,641	0,644	0,641
	0,649	0,699	0,690	0,656	0,530
	0,642	0,703		0,459	
		0,664		0,488	
Сума T_{oj}	4,077	4,635	3,196	3,943	2,807
Загальна сума T_o	18,658				
Число n_{oj} , що складаються	6	7	5	7	5
Загальна кількість спостережень N	30				
Середнє μ_{oj}	0,680	0,662	0,639	0,563	0,561
Загальне μ	3,106				
$\sum B_{ij}^2$	2,775	3,074	2,043	2,261	1,598
$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n B_{ij}^2$	11,751				

У ній використано наступні позначення:

T_{ob} – загальна сума усіх результатів тестувань

$$T_{ob} = \sum_{j=1}^k \sum_{s=1}^{n_j} B_y = \sum_{j=1}^k T_{oj};$$

T_{oj} – сума результатів тестування, які взято на j – му рівні (класі)

$$T_{oj} = \sum_{j=1}^n B_{ij};$$

N_j – кількість операторів або спостережень на j – му рівні

$$N = \sum_{j=1}^k N_j;$$

μ – середнє по усім N результатам

$$\mu = \sum_{j=1}^k n_j \mu_{oj} / N \quad \mu_{oj} = \sum_{i=1}^{n_i} B_{y_i} / n_i$$

Загальна сума квадратів являє суму квадратів усіх спостережень за винятком поправочного члена T_{oo}^2 / N

$$SS_{заг} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n B_j^2 - \frac{T_{oo}^2}{N}$$

Сума квадратів відхилень середніх по випробуванням від загального середнього SS_{icn} розраховується за формулою

$$SS_{icn} = \sum T_{oj}^2 / n_j - \frac{T_{oo}^2}{N}$$

$SS_{оц} = SS_{заг} - SS_{icn}$. Оцінка дисперсії помилки спостережень S_c^2 визначається як

$$S_c^2 = SS_{оц} / (N - K),$$

де N – загальна кількість спостережень; K – число класів.

Результати дисперсного аналізу надано у табл. 3.

Таблиця 3 – Результати дисперсного аналізу

Джерело змінності	Число ступенів свободи	Сума квадратів	Середній квадрат
Між класами T_j	$k - 1 = 4$	$SS_{icn} = 0,075$	0,019
Для кожного класу (помилка E_y)	$N - k = 25$	0,072	0,003
Сума	$N - 1 = 29$	0,147	

$d = 0,05$ (5 %) : $F_{кр} = F_{4,25} = 2,76$. $F_H = 0,015/0,003 = 6,51 \rightarrow F_H > F_{кр}$. Враховуючи останнє, гіпотезу H_c треба визнати не діючою, тому має місце значна різниця у середніх показниках тестування цих п'яти рівнів. З метою знаходження, які класи суттєво різняться, а які ні, можна використати критерій Стьюдента на 10% – ному рівні значимості.

Якщо

$$t_H = \frac{|\mu_{o1} - \mu_{o2}|}{S_c \sqrt{n_1 + n_2 / n_1 \cdot n_2}},$$

де

$$S_c = \sqrt{\frac{SS_{оц}}{N - K}},$$

що спостерігається, перевищує $t_{кр}$ для числа ступенів свободи n_1+n_2-2 , то різниця між середніми значеннями результатів тестування є значимою. Оцінку значимості між середніми п'яти рівнів за результатами дев'яти тестів надано у табл. 4.

Таблиця 4 – Значення t -критерію

Номер	Різниця між середніми рівнів	Ступінь свободи n_1+n_2-2	$t_{кр}$	t_H
1	5 та 4	10	1,81	0,06
2	5 та 3	8	1,86	2,24
3	5 та 2	10	1,81	3,14
4	5 та 1	9	1,83	3,57
5	4 та 3	10	1,81	2,36
6	4 та 2	12	1,78	3,37
7	4 та 1	11	1,80	3,82
8	3 та 2	10	1,81	0,71
9	3 та 1	9	1,83	1,23
10	2 та 1	11	1,80	0,59

Результати розрахунку показують, що відсутня значна різниця між 5-м та 4-м, між 1-м, 2-м та 3-м класами. У той же час спостерігається значна різниця між 3-м та 4-м класами, тому що за критерій професійної придатності була прийнята середня оцінка для 3 класу, яка становить 0,639.

Таким чином, у процесі математичної обробки результатів тестування операторів мобільної техніки виявлено, що критерієм професійної придатності можна вважати значення середньої оцінки 3 класу (0,639), що дозволяє диференціювати операторів на «успішно» та «умовно» придатних для виконання даного виду професійної діяльності. Оператори з номерами 1, 3, 6, 8, 11-20, 22-28 є «успішно» придатними, а під номерами 2, 4, 5, 7, 9, 10, 21, 29, 30 – «умовно» придатними.

Можна зробити ще й інші висновки. А саме: як колектив експертів, так і кандидатури операторів були підібрані вдало, від чого в значній мірі залежить успіх тестування. Переважна більшість кандидатів виявились «успішними»; це ще не означає, що решта безнадійні – адже вони могли б виглядати краще за іншими, не врахованими чинниками оцінки.

Взагалі, запропонований підхід, оскільки він не орієнтований на конкретну галузь людської діяльності, може бути прийнятий за основу під час оцінки професійної придатності операторів мобільної техніки, наприклад, у гірничій промисловості, і дозволить підвищити загальну якість робіт, які вони виконуватимуть.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров, А.Ф. Современное состояние в области анализа, оценки и управления риском при чрезвычайных ситуациях техногенного характера, связанных с авариями на промышленных объектах / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, Г.В. Филиппова // Экологическая экспертиза. ВИНТИ. – 2002. - № 1. – 16 с.

2. Ветошкин, А.Г. Техногенный риск и безопасность / А.Г. Ветошкин, К.Р. Тарануева. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. – 165с.

REFERENCES

1. Egorov, A.F., Savitskaya, T.V. and Filippova, G.V. (2002) «Contemporary state in area of analysis, estimations and managements by the risk at the extraordinary situations of technogen character, related to the failures on industrial objects», *Ecological examination. VISATI*, no. 1, pp 1-16.

2. Vetoshkyn, A.G. and Taranuyeva, K.R. (2001) *Tekhnogenny risk i bezopasnost* [Technogen risk and safety], Izdatelstvo Penzenskogo gosudarstvennogo unversiteta, Penza, RU.

Про автора

Рогач Юрій Петрович, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри цивільної безпеки Таврійського державного агротехнологічного університету Міністерства освіти і науки України (ТДАТУ МОН України), Мелітополь Запорізької області, Україна, office@tsatu.edu.ua.

About the author

Rogach Yury Petrovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Professor, Head of the Department of Civil Safety of Tavrichesky State Agrotechnological University under the Ministry of Education and Science of Ukraine (TSATU MES of Ukraine), Melitopol Zaporizkoy region, Ukraine, office@tsatu.edu.ua.

Аннотация. Отмечено, что виды производственной деятельности человека в какой-либо сфере выполняются в двух вариантах: коллективный труд с использованием стационарного оборудования и индивидуальный на мобильных машинах. Второй вариант выдвигает дополнительные требования к индивидуальным качествам человека-оператора, в частности, к его профессиональной пригодности к выполнению именно этого вида работ. Профессиональная пригодность зависит от многих факторов; почти все они не допускают эффективной формализации и аналитического описания, что требует использования методов экспертной оценки степени профессиональной пригодности с последующим сравнением мнений экспертов и их количественной общей оценки. Предложен метод оценки профессиональной пригодности операторов мобильной техники, в частности, в горной промышленности, и приведен пример его практического применения.

Ключевые слова: оператор мобильной техники, профессиональная пригодность, критерий, метод оценки.

Abstract. It is marked that types of production activity of man in any sphere are realized in two variants: collective work with the use of stationary equipment, and individual work on mobile machines. The second variant puts forward additional requirements to individual qualities of man-operator, in particular, to his/her professional fitness to execution of exactly this type of works. Professional fitness depends on many factors; almost all of them exclude effective formalization and analytical description, which require using of methods of expert's estimation of professional fitness degree with subsequent comparison of experts' opinions and general quantitative estimation of methods. Method for estimating professional fitness of mobile machine operators, in particular, in mining industry, is proposed, and example of its practical implementation is given.

Keywords: operator of mobile machines, professional fitness, criterion, method of estimation.

Статья поступила в редакцию 24.07.2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько