

УДК 681.1

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Подлевских А.П., Манкевич А.В., Бужинский В.А.

НОУ ВО «Московский технологический институт», Москва, e-mail: a_podlevskikh@mti.edu.ru

В статье раскрыт метод эргономической оценки рабочего места и технологической оснастки. В процедуре оценки используется комплекс взаимосвязанных эргономических требований, предъявляемых к объекту исследования и обуславливающих деятельность человека с ним. Предлагаемый метод позволяет изучать возбудимость и силу нервных процессов в коре больших полушарий головного мозга, при этом балльная оценка эффективности мероприятий наиболее наглядно отражает изменения условий труда и общее функциональное состояние исполнителя при выполнении высокоточных операций. Прирост производительности труда является следствием снижения утомления при выполнении операции, которое обусловлено тем, что ремонтируемый объект устанавливается в пространстве рабочей зоны исполнителя в необходимом удобном положении относительно зоны досягаемости и обзора исполнителя.

Ключевые слова: эргономическая оценка условий труда, функциональное состояние организма, критическая частота слияния мельканий, утомление, показатель утомления, работоспособность в относительных единицах, прирост производительности труда

ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF A MACHINE PROCESSING PRECISION OPERATIONS

Podlevskikh A.P., Mankevich A.V., Buzhinskiy V.A.

Moscow Technological Institute, Moscow, e-mail: a_podlevskikh@mti.edu.ru

The paper discloses a method for ergonomic assessment of the workplace and tooling. In the estimation procedure uses a set of interrelated ergonomic requirements for the project research and human activity is causing it. The proposed method allows us to study the excitability and strength of neural processes in the cerebral cortex of the brain, with a score of effectiveness of interventions is most clearly reflects changes in working conditions and the overall functional condition of the Executive in the performance of high-precision operations. Labor productivity growth is due to a decrease of fatigue of the operation, which is due to the fact that the repaired object is installed in the space of the working area in the artist must have a good position with respect to the reach and review the performer.

Keywords: ergonomic evaluation of working conditions, the functional state of the organism, the critical flicker fusion frequency, fatigue, fatigue index, performance in relative terms, the increase in labor productivity

Исследование рабочего процесса по сборке, регулировке и настройке узлов и агрегатов позволяет определить эргономические показатели, улучшить условия труда на рабочем месте, повысить производительность.

Рассмотрим технологическую операцию по укладке коленчатого вала с подбором подшипников скольжения. Эргономическая оценка рабочего места и технологической оснастки – важный этап при разработке и совершенствовании, а также сертификации. В процедуре оценки используется комплекс взаимосвязанных эргономических требований, предъявляемых к объекту исследования и обуславливающих деятельность человека с ним.

Для эргономической оценки техники пользуются методами:

- экспериментальным (с помощью технических измерительных средств);
- расчетным (основанным на вычислении значений параметров, найденных другими методами);
- экспертным (учет мнений экспертов);
- наблюдений и опросов.

При определении числовых показателей функционального состояния организма

(ФСО) используются различные приемы и методы. На практике наибольшее распространение при оценке ФСО получили следующие показатели: динамометрия; оценка энергозатрат; пульсометрия; тестовый контроль; рефлексометрия. ФСО исполнителя изменяется в течение рабочего дня, поэтому все измерения проводим в динамике дня в период устойчивой работоспособности, а в динамике выполнения операции – до выполнения операции, т.е. в состоянии относительного покоя, во время выполнения операции и после выполнения операции. Применяемые для оценки показателей ФСО приборы и аппаратура должны отвечать следующим требованиям:

- быть простыми и доступными для широкого круга исследователей в условиях производства и реального функционирования системы человек – техника;
- обеспечивать точность и объективность оценки;
- минимально отвлекать испытуемых от работы;
- обеспечивать безопасность для испытуемых, исследователей и окружающих.

Приборы, аппаратура и методические приемы, которые приведены в [1], в настоящее время являются труднодоступными, кроме того, при определении энергоемкости работ по методу Дугласа – Холдена используется оборудование с наличием ртути, что делает работу исследователей небезопасной.

Уровень работоспособности и производительности труда на рабочем месте можно установить двумя способами:

- с помощью методов физиологических исследований;
- путем количественной оценки элементов, составляющих условия труда.

Уровень работоспособности и производительности труда в зависимости от состояния и условий труда рассчитаем на основе интегрального показателя тяжести труда, для чего используем разработанную в НИИ труда «Карту условий труда на рабочем месте» и «Таблицу критериев количественной оценки элементов труда». Показатель уровня утомляемости, как фактор роста производительности труда в результате эргономического улучшения, определяем с помощью данных, полученных в результате проведения физиологических исследований. Достоинством этих методик является тот факт, что они минимально отвлекают обследуемых от работы.

Оценка условий труда исполнителя сводится к следующему. После закрепления и установления двигателя (Д-240) в рабочей зоне исполнителя на предлагаемом (стенде) устройстве для перемещения ДВС при ремонте [2] процесс сборки разбивается на 12 укрупненных операций в соответствии

с технологической картой. Исследования проводятся среди двух групп, численность каждой 10 человек. При этом одна группа использует в качестве технологической оснастки стенд ОПР-647, а другая – предлагаемый стенд.

При обработке результатов физиологических исследований применяем метод, основанный на принципах непараметрической статистики [3].

Рассмотрим наиболее трудоемкую и ответственную операцию, требующую определенных навыков и компетенций выполнения высокоточных работ при сборке двигателя внутреннего сгорания, а именно укладку колчатого вала и подбор размерных групп вкладышей коренных подшипников. На примере этой операции рассмотрим изменение показателей функционального состояния организма исполнителя по показателям критическая частота слияния мельканий, времени простоя условно-двигательной реакции на звуковой или световой раздражитель, мышечной силы и статической выносливости.

Критическую частоту слияния мельканий определяем до работы, во время работы и после работы. Определение КЧМ повторяем 3 раза, для анализа используем среднее из трех. Прибор для изучения КЧМ состоит из регулирующего устройства, заключенного в футляр, и импульсатора, представляющего собой трубку длиной 350 мм и внутренним диаметром 20 мм с вмонтированной неоновой лампой ТН-0,2. Частоту мелькания задаем вращением ручки, а соответствующие показатели определяем по шкале регулирующего устройства. Все данные указываем в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Определение показателя КЧМ

Агрегатный участок (стенд ОПР 647)

Профессия наладчик (1 группа) Дата 4.08.2014 г.

№ п/п	Номер исполнителя	Измерение	Исходное значение				
			I (до работы), Гц	II (во время работы)		III (после работы)	
				абсолютное значение, Гц	оценка изменений	абсолютное значение, Гц	оценка изменений
1	1	КЧМ	31,8	32,7	+	29,8	–
2	2	КЧМ	32,1	31,2	–	31,0	–
3	3	КЧМ	29,5	29,6	0	29,5	0
4	4	КЧМ	31,3	30,1	–	30,5	–
5	5	КЧМ	30,6	30,5	0	30,3	0
6	6	КЧМ	28,6	29,0	0	27,5	–
7	7	КЧМ	30,5	29,6	–	29,2	–
8	8	КЧМ	31,5	31,2	0	31,4	0
9	9	КЧМ	29,8	29,6	0	29,5	0
10	10	КЧМ	30,2	29,0	–	28,8	–

Примечания:

Число случаев улучшения (β) 1 0;

Число случаев ухудшения (γ) 4 6;

Число случаев отсутствия изменений (α) 5 4.

Таблица 2

Определение показателя КЧМ

Агрегатный участок (Устройство для перемещения ДВС при ремонте (Патент РФ № 2284496))
Профессия наладчик (2 группа) Дата 08.08.2014 г.

№ п/п	Номер исполнителя	Измерение	Исходное значение				
			I (до работы), Гц	II (во время работы)		III (после работы)	
				абсолютное значение, Гц	оценка изменений	абсолютное значение, Гц	оценка изменений
1	11	КЧМ	28,6	29,0	0	29,2	+
2	12	КЧМ	30,5	29,6	-	29,2	-
3	13	КЧМ	30,5	31,2	+	31,0	0
4	14	КЧМ	29,8	29,6	0	29,5	0
5	15	КЧМ	30,2	30,8	+	28,8	-
6	16	КЧМ	29,5	29,6	0	29,5	0
7	17	КЧМ	31,3	30,1	-	30,5	+
8	18	КЧМ	30,6	30,5	0	30,3	0
9	19	КЧМ	31,8	32,7	+	29,8	-
10	20	КЧМ	32,1	31,2	-	31,0	-

Примечания:

Число случаев улучшения (β) 3 2;

Число случаев ухудшения (γ) 3 4;

Число случаев отсутствия изменений (α) 4 4.

В табл. 3 представлены данные за три дня по определению КЧМ среди групп рабочих, занятых укладкой коленчатого вала

двигателей, установленных на различных стендах. Данные 1-го тренировочного дня не учитываются.

Таблица 3

Сводная карта для расчета $K_{об}$

Агрегатный участок Показатель КЧМ
Профессия наладчик (1 и 2 группы)

Номер группы	Дни исследования	Изменения во II замере по сравнению с исходными			Изменения в III замере по сравнению с исходными		
		Число случаев					
		β	γ	α	β	γ	α
1	2	1	4	5	0	6	4
	3	0	7	3	0	7	3
	4	2	4	3	2	2	5
2	2	3	3	4	2	4	4
	3	2	5	3	3	4	3
	4	2	3	4	3	2	5
Σ_1	-	7	15	11	2	15	12
Σ_2	-	7	14	11	8	10	12

Исследование времени простой условно-двигательной реакции на звуковой или световой раздражитель проводим на установке, представляющей собой один из вариантов хронорефлексометра. Прибор имеет кнопку, включением которой запускаем электросекундомер. Нажатием второй выносной кнопки – выключателя обследуемый останавливает секундомер, при появлении

светового сигнала, раздражитель запускаем 10 раз с различными интервалами (1–4 с) и записываем время – разницу между появлением сигнала и временем срабатывания выключением электросекундомера, данные заносим в таблицу.

Исследование мышечной силы и статической выносливости проводим с помощью специального прибора динамометра,

в котором давление на резиновую грушу преобразуется в электрический потенциал, регистрируемый в условных единицах на шкале прибора. Замер проводим 3 раза и определяем среднее арифметическое и заносим в таблицу. Статическую выносливость определяем с помощью динамометра, но при этом обследуемый сжимает грушу и удерживает стрелку прибора на цифре, которая соответствует 50% максимального усилия, время в секундах заносится в таблицу.

Данные по всем дням исследования объединяем в «Сводной карте для расчета $K_{об}$ », по каждой методике отдельно.

Рассчитаем обобщенный показатель $K_{об}$, по формуле Е.А. Деревянко:

$$K_{об} = \frac{\beta - \gamma}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (1)$$

где α – число случаев, в которых показатели не изменились; β – число случаев улучшения результатов; γ – число случаев ухудшения результатов.

$$K_{об11} = -0,41; K_{об12} = -0,51;$$

$$K_{об21} = -0,22; K_{об22} = -0,07.$$

Полученные данные сводим в табл. 4 и определяем показатель утомления для каждого из вариантов.

Показатель утомления (Y) вычисляем по формуле

$$Y = \frac{(K_{инт1} - K_{инт2}) \cdot 100}{2}, \text{ отн. ед.?} \quad (2)$$

где $K_{инт1}$ – интегральный показатель предпоследнего измерения; $K_{инт2}$ – интегральный показатель последнего измерения.

Таблица 4

Сводная карта измерений функционального состояния исполнителя

Агрегатный участок
Профессия наладчик (1 и 2 группа)

Показатель	Изменения во II замере по сравнению с исходными			Изменения в III замере по сравнению с исходными		
	Число случаев					
	β	γ	α	β	γ	α
Критическая частота слияния мельканий (КЧМ)	3	15	11	2	15	12
	7	14	11	8	10	12
Время простой условно-двигательной реакции	7	23	12	15	19	7
	8	21	15	15	21	9
Статическая выносливость	9	29	4	9	29	3
	10	23	11	9	20	9
Мышечная сила	10	16	15	16	17	7
	11	12	6	12	15	7
Σ_1	29	83	42	42	80	23
Σ_2	36	70	43	44	66	37

$$K_{инт11} = -0,35; K_{инт12} = -0,26;$$

$$Y_1 = \frac{(K_{инт11} - K_{инт12}) \cdot 100}{2} = -30 \text{ отн. ед.};$$

$$K_{инт21} = -0,22; K_{инт22} = -0,15;$$

$$Y_2 = \frac{(K_{инт21} - K_{инт22}) \cdot 100}{2} = -19 \text{ отн. ед.}$$

Как видно из приведенных карт, до улучшения труда (Y) равен 30 отн. ед., определим работоспособность по формуле

$$R = 100 - I, \text{ отн. ед.}, \quad (3)$$

где I – утомление в относительных единицах.

$$R_1 = 70 \text{ отн. ед.}; R_2 = 81 \text{ отн. ед.}$$

Определим прирост производительности труда за счет повышения работоспособности по формуле

$$Пт = \frac{R_2 - R_1}{R_2 + 1} \cdot 100 \cdot Z, \quad (4)$$

где R – работоспособность в относительных единицах; Z – прирост производительности труда на единицу роста работоспособности находится в пределах (0,15–0,4).

$$Пт = 3,4\%.$$

Определяя прирост производительности труда на операции по укладке колчатого вала, наблюдаем прирост производительности труда размером в 3,4%

относительно базового варианта стенда для ремонта двигателей ОПР-647 [4]. Прирост производительности труда является следствием снижения утомления выполнения операции, которое обусловлено тем, что ремонтируемый объект устанавливается в пространстве рабочей зоны исполнителя в необходимом удобном положении относительно зоны досягаемости и обзора исполнителя. Общий прирост производительности ремонтных работ при ремонте двигателя (Д-240) с использованием предлагаемого стенда составляет 23,5% [5, 6].

Методика позволяет изучать возбудимость и силу нервных процессов коры больших полушарий головного мозга, при этом балльная оценка эффективности мероприятий наиболее наглядно отражает изменения условий труда исполнителя при выполнении высокоточных операций.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие обоснованные и подтвержденные выводы:

1. В современных условиях важны в первую очередь такие показатели, как эргономичность и качество выполняемых работ.

2. Для повышения уровня работоспособности и производительности труда в зависимости от состояния и условий труда проводим оценку условий труда по интегральному показателю тяжести труда.

3. Представлена методика по определению прироста производительности труда, учитывающая утомление, характеризующееся показателями функционального состояния исполнителя.

4. Прирост производительности труда является следствием снижения утомления выполнения операции, которое обусловлено тем, что ремонтируемый объект устанавливается в пространстве рабочей зоны исполнителя в необходимом удобном положении относительно зоны досягаемости и обзора исполнителя.

Список литературы

1. Воронков В.Д. Справочник инженера организатора. – М.: Московский Рабочий, 1973.
2. Филатов М.И., Подлевских А.П. Устройство для перемещения ДВС при ремонте. Патент РФ № 2284496 Бюл. № 27, 27.09.2006.
3. Межотраслевая методика расчета социально-экономической эффективности от внедрения достижений эргономики в народное хозяйство. – М.: Экономика, 1988.
4. Филатов М.И., Подлевских А.П., Подлевских А.П. Энергоаудит предприятий технического сервиса // Известия Оренбургского государственного университета. – Оренбург: Изд-во Оренбургский государственный аграрный университет, 2007. – Т. 2, № 14–1. – С. 45–46.
5. Филатов М.И., Подлевских А.П. Биомеханические условия организации труда при ремонте двигателей внутреннего сгорания // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 5. – С. 25–28.
6. Филатов М.И., Подлевских А.П. Стенд для диагностики, ремонта и обкатки ДВС. Патент РФ № 2261348 Бюл. № 27, 27.09.2005.

References

1. Voronkov V.D. Directory engineer organizer. M.: Moscow Worker, 1973
2. Filatov M.I., Podlevskikh A.P. Device for displacement engine during repair. RF patent no. 2284496 Bull. no. 27, 27.09.2006.
3. Interdisciplinary method of calculating the socio-economic benefits from the introduction of the achievements of ergonomics in the national economy. M.: Economy, 1988;
4. Filatov M.I., Podlevskikh A.P., Podlevskikh A.P. Energy audit companies technical service // News Orenburg State University. Vol. 2, no. 14–1. Publisher: Orenburg State Agrarian University, 2007, pp. 45–46.
5. Filatov M.I., Podlevskikh A.P. Biomechanical conditions of the organization of labor for the repair of internal combustion engines // Technology in agriculture no. 5, 2006. pp. 25–28.
6. Filatov M.I., Podlevskikh A.P. Stand for the diagnosis, repair and running the engine. RF patent no. 2261348 Bull. no. 27, 27.09.2005.

Рецензенты:

Климовицкий М.Д., д.т.н., профессор кафедры автоматизации и процессов управления, ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет (МАМИ)», г. Москва;

Никольцев Е.В., д.т.н., профессор, НОУ ВО «Московский технологический институт», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 23.09.2014.