

УДК 669.02/.09:004.422.422:159.9.078

*к.т.н. Вишневский Д. А.,
Бондарь Н. А.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР),
д.т.н. Сотников А. Л.
(ДонНТУ, г. Донецк, ДНР)*

ИСПЫТАНИЯ НОСИМОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Представлена методика мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами. Проведен эксперимент на действующем предприятии носимого устройства и программного продукта «Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами», который показал повышение безотказности машины непрерывного литья заготовок на 21,81 %.

Ключевые слова: *человеческий фактор, отказы машин, психофизиологическая активность, безотказность металлургического оборудования.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Одним из важнейших элементов в машиностроительном и металлургическом производстве является надежность механического оборудования. Надежность является комплексным свойством, которое, в зависимости от назначения объекта и условий его применения, включает в себя безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

По причинам возникновения отказы оборудования можно разделить на:

- отказы вследствие конструктивных дефектов;
- отказы вследствие технологических дефектов;
- отказы вследствие эксплуатационных дефектов;
- отказы вследствие постепенного старения (износа);
- отказы в результате влияния человеческого фактора (в том числе нарушения трудовой дисциплины и культуры производства).

Любой из этих видов отказов приводит к снижению ресурса работы, увеличению материальных затрат на изготовление и

эксплуатацию и ТОИР технологического оборудования.

Функционирование сложных систем, к которым относятся технологические линии и агрегаты, системы контроля, автоматизации и управления и т. д., без самого важного элемента — человека — невозможно. Общеизвестным фактом является большое влияние на безотказность оборудования человеческого фактора. Так, по разным источникам [1–3], от 30 до 45 % отказов технических систем напрямую или косвенно связано с человеческим фактором или с ошибками, которые совершает человек в процессе управления, обслуживания и эксплуатации технологических линий и агрегатов.

Если некоторых отказов на данный момент избежать нельзя, то снизить вероятность их появления в результате минимизации человеческого фактора, который представляет совокупность эмоциональных, интеллектуальных, мотивационных, физиологических, волевых и других качеств личности, обеспечивающих адекватное восприятие ситуации, выполнение предписанных функций в заданных режимах работы человека с другими людьми и техникой в процессе выполнения трудовых обязанностей, вполне возможно.

Международная организация труда считает убытки в 200 млрд долларов по причине человеческого отказа ежегодно [4]. В связи с вышесказанным качественный состав кадров предприятия должен стоять по важности на одном уровне с технической модернизацией производства.

Анализ причин аварий, выхода из строя оборудования и производственного травматизма на производстве показал, что в подавляющем большинстве нештатные ситуации происходят не из-за технических неисправностей, а из-за неудовлетворительной организации производства работ. Для управления данным процессом необходимо учитывать причины ошибок персонала, способы влияния на аварийные ситуации [5].

Постановка задачи. Один из возможных вариантов повышения безотказности металлургического оборудования — это снижение человеческих отказов.

В связи с этим сотрудниками кафедры «Машины металлургического комплекса» ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» было разработано носимое устройство и программный продукт «Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами» для контроля за психофизиологическим состоянием операторов металлургической отрасли, инициировано начало исследований психофизиологического состояния операторов металлургической отрасли.

Изложение материала и его результаты. Эксперимент проводился на одном из предприятий ЗАО «Внешторгсервис».

В эксперименте участвовали три оператора машин непрерывного литья заготовок. Участники эксперимента дали личное согласие на снятие и обработку показателей психофизиологического состояния. Эксперимент длился один календарный год.

Каждому из участников эксперимента были присвоены номера и выданы носимые устройства, которым присвоены аналогичные номера. Контроль вели при помощи программы «Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами» [6, 7].

За данный период под авторским наблюдением были выявлены следующие прецеденты, представленные в таблице 1.

Собрана статистика отказов машины непрерывного литья заготовок за 2018 год. Отказов — 133, простоев — 1032 часа.

В 2019 году носимое устройство тестировалось под авторским контролем, и при критических ситуациях программный продукт давал рекомендации.

Собрана статистика отказов машины непрерывного литья заготовок за 2019 год. Отказов — 88, простоев — 710 часов.

На рисунке 1 представлена гистограмма отказов МНЛЗ за 2018 год.

Из представленных гистограмм (рис 1, 2) видно, что количество отказов снизилось по каждому месяцу при сравнении двух годов. При проведении анализа в 2019 году первый и второй месяц года (рис. 2) не учитываем, так как МНЛЗ практически не работала. Сравнительный анализ начинаем с третьего месяца.

Таблица 1

Фиксация завышенных психофизиологических параметров тестируемых

№ п/п	Причины временного отстранения от выполняемой работы	Количество отстранений
1	Завышенный показатель КГР перед началом работы	5
2	Завышенный пульс во время работы	5
3	Повышенная температура перед работой	4
4	Завышенный показатель КГР во время работы	3
5	Завышенный пульс перед работой	3
6	Повышенная температура во время работы	3
Итого		23

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

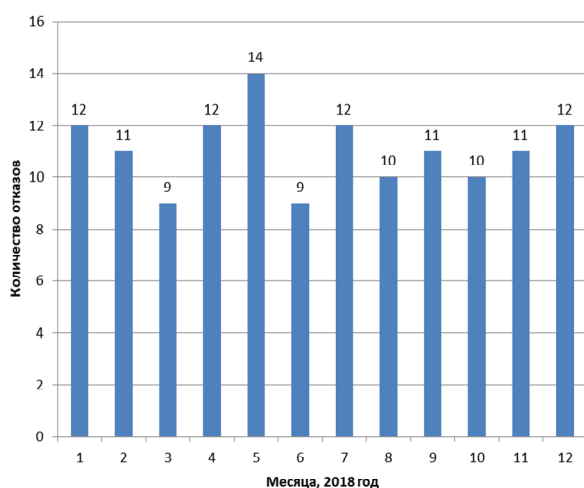


Рисунок 1 Количество отказов МНЛЗ до тестирования разработанной системы

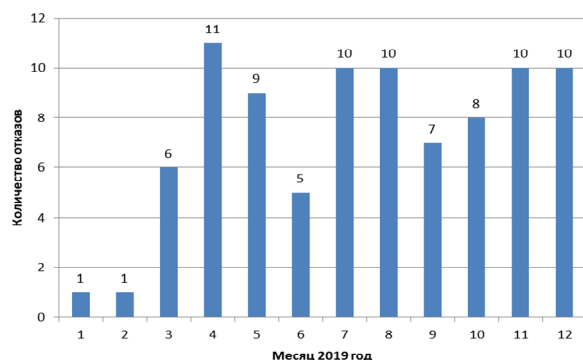


Рисунок 2 Количество отказов МНЛЗ в период тестирования разработанной системы

В 2018 году, за исключением первых двух месяцев, количество отказов МНЛЗ составило 110. В 2019 году, за исключением первых двух месяцев, количество отказов МНЛЗ — 86. Количество выпущенной продукции в 2018 году составило 1,2 млн тонн, в 2019 году — 1,3 млн тонн, что на 100000 т больше, чем в 2018 году. Это объясняется меньшим количеством простоев, которое сократилось на 322 часа (без учета первых двух месяцев как в 2018, так и 2019 году).

В 2019 году количество отказов снизилось на

$$N = 100 - \frac{86 \cdot 100}{110} = 21,81 \%$$

Использование данной системы дало положительный результат и повысило безотказность машины на 21,81 %.

Приведем два примера временного отстранения операторов от работы.

К необходимости временно отстранить испытуемого № 2 от работы привела завышенная частота сердечных сокращений (до 142 ударов в минуту).

На мониторе появились сообщение и данные о повышенном ЧСС испытуемого № 2 (рис. 3). На рисунках 4–6 представлены графики КГР, частоты сердечных сокращений и температуры испытуемого.

Дата	Время	КГР	Пuls	t тела	t окруж.	X	Y
19/11/2019	14:56:02	22.03	141	37.86	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:55:52	22.00	140	37.79	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:55:32	22.00	142	37.79	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:55:02	22.08	140	37.87	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:54:32	22.80	133	37.74	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:54:02	22.80	130	37.62	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:53:32	24.30	124	37.66	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:53:02	26.30	122	37.64	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:52:32	27.08	118	37.41	7.00	7 404	5 050
19/11/2019	14:52:02	29.40	115	37.37	7.00	7 404	5 050

Рисунок 3 Окно программы «Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами» с фиксацией скачка ЧСС испытуемого № 2

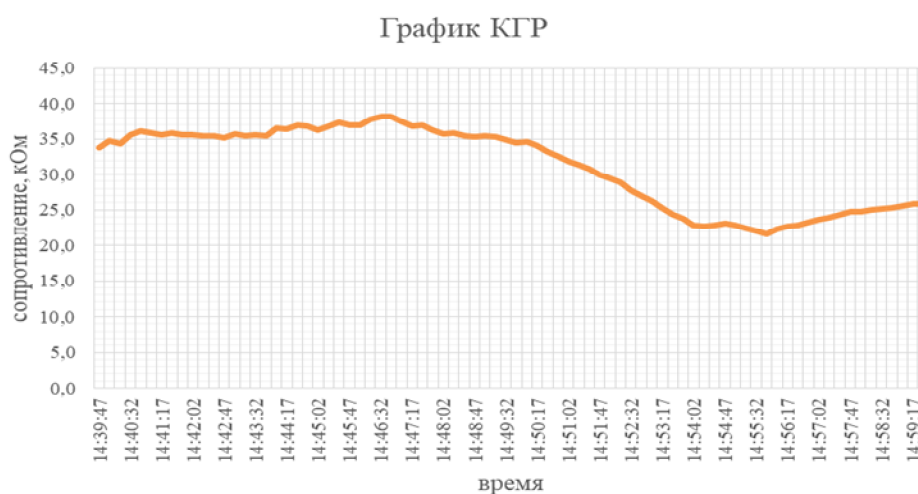


Рисунок 4 График КГР испытуемого № 2

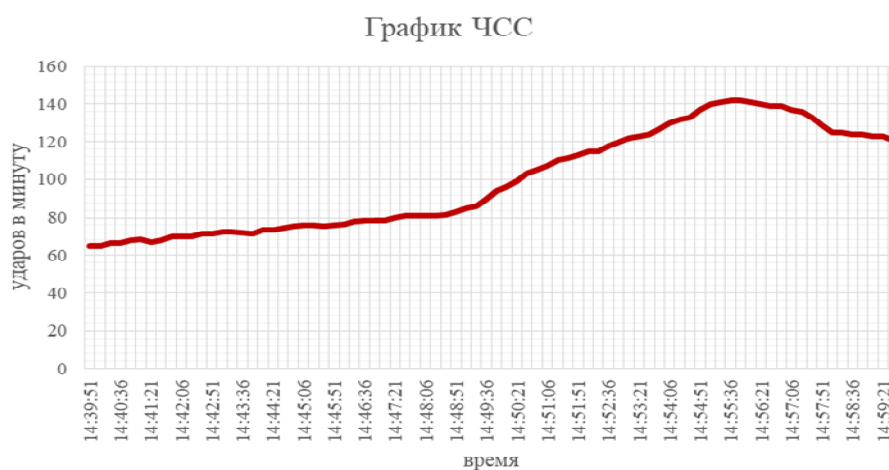


Рисунок 5 Частота сердечных сокращений испытуемого № 2



Рисунок 6 Температура испытуемого № 2

Испытуемого № 2 временно отстранили от работы, доставили к медперсоналу.

Данный эксперимент показал, что «Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами» снимает показания, обрабатывает и выдает сообщения оператору для принятия решений.

Согласно обработанной статистике отказов оборудования в момент проведения наблюдений за период 2019 года, количество отказов машины сократилось на 30 отказов.

Выводы. Разработанное устройство в комплексе с программным продуктом, внедряемое в производство, позволит:

- определить предсменное психофизиологическое состояние рабочего, тем самым сократить вероятность чрезвычайных ситуаций из-за человеческого фактора еще до того, как рабочий войдет в производственный процесс;

- отслеживать изменения психофизиологической активности сотрудника при рабочем процессе в режиме реального времени, принимая своевременные меры по противодействию негативным эффектам от влияния психофизиологических изменений у сотрудников предприятия;

- позволит выявить появление стресса у рабочих в результате нервного и эмоционального перенапряжения при выполнении своих производственных задач и принять меры по предупреждению его долгосрочных последствий и их влияния на эффективность труда;

- определять степень производственной усталости на различных стадиях ее развития у сотрудников предприятия, что обеспечит устранение развития утомления во времени, а также не допустит глубоких стадий утомления и переутомления у сотрудников;

- использовать устройство в комплексе с программным продуктом в качестве трекера производственной активности сотрудника при выполнении своих обязанностей в режиме реального времени;

- обеспечить косвенное наблюдение за рабочим с целью противодействия промышленному шпионажу, диверсиям и т. д.;

- выступать в виде средства своевременного оповещения персонала на основе реализации возможности обратной связи;

- повысить безотказность машины непрерывного литья заготовок.

Библиографический список

1. Либерман, А. Н. *Техногенная безопасность: человеческий фактор* [Текст] / А. Н. Либерман. — СПб. : ВИС, 2006. — 103 с.

2. Обознов, А. А. *Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики* [Текст]. Вып. № 6 / А. А. Обознов, А. Ю. Акимова, Р. В. Агузумынц. — К. : Институт психологии РАН, 2014. — 528 с.

3. Самсонкин, В. Н. *Моделирование в самоорганизующихся системах* [Текст] / В. Н. Самсонкин, В. А. Друзь, Е. С. Федорович. — Донецк : Заславский А. Ю., 2010. — 103 с.

4. *A fuzzy approach to the evaluation of human factors in ultrasonic nondestructive examinations* [Text] / Jesús Domech Moré, Ari Sauer Guimarães, Geraldo Bonorino Haxéo, Ricardo Tanscheit // *Journal of Industrial Engineering International*. — 2007. — P. 5.

5. Вишневский, Д. А. *Расчет надежности оборудования и производственного риска причинения вреда здоровью кузнеца-штамповщика* [Текст] / Д. А. Вишневский // *Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы : материалы V всероссийской научно-практической конференции* / Рубцов. индустр. ин-т (филиал) ФГБОУ ВПО «Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова». — Рубцовск, 2015. — С. 103–111.

6. *Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами* / Д. А. Вишневский, А. П. Жильцов, В. А. Козачишин и др. —

№ 2019616921 Российская Федерация ; заявка № 2019615644 ; дата поступления 20 мая 2019 г. ; дата регистрации 30 мая 2019 г.

7. Вишневский, Д. А. Система мониторинга психофизиологического состояния оператора металлургической отрасли программными средствами [Текст] / Д. А. Вишневский, Б. А. Сахаров, Н. А. Бондарь // Инновационные перспективы Донбасса : материалы 5-й международной научно-практической конференции. Т. 3. Инновационные технологии проектирования, изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов. — Донецк : ДонНТУ, 2019. — С. 143–146.

© Вишневский Д. А.

© Бондарь Н. А.

© Сотников А. Л.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТИ Харламовым Ю. А., д.т.н., проф., зав. каф. ТМиИК ЛГУ им. В. Даля Витренко В. А.

Статья поступила в редакцию 02.10.2020.

PhD in Engineering Vishnevskiy D. A., Bondar N. A. (DonSTI, Alchevsk, LPR), Doctor of Technical Sciences Sotnikov A. L. (DonNTU, Donetsk, DPR)

WEARABLE DEVICE TESTING FOR DETERMINING PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF METALLURGICAL INDUSTRY OPERATOR

Method of monitoring psychophysiological state of metallurgical industry operator by software is presented. An experiment was conducted at the operating enterprise of the wearable device and software product “System for monitoring the psychophysiological state of metallurgical industry operator with software”, showed an increase in reliability of the continuous casting machine by 21,81 %.

Key words: *human factor, machine failures, psychophysiological activity, failure-free metallurgical equipment.*