

УДК 621.391:519.6

DOI 10.22213/2413-1172-2018-4-43-50

РАЗРАБОТКА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА НА БАЗЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Ю. В. Турыгин, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
А. И. Нистюк, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
С. А. Платов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Важным требованием для качественного управления технологическим оборудованием является обеспечение информационного обмена данными между системой «человек-оператор – автоматизированная система управления оборудованием» посредством человеко-машинного интерфейса (НМИ). Существует множество рекомендаций по проектированию НМИ, которые имеют некоторые общие принципы построения, но также следует учитывать индивидуальные особенности оборудования и условия применения, для которого производится проектирование, при этом необходимо строго придерживаться стандартов именно при разработке дизайна визуализации НМИ.

Представлена классификация основных принципов разработки человеко-машинного интерфейса: структурный принцип, принцип простоты, определенности, видимости, обратной связи, повторного использования. На основе данных принципов создан и представлен проект человеко-машинного интерфейса роботизированного комплекса, приведена блок-схема работы и его практическая реализация, выполненная на базе панели оператора для промышленного использования.

Данный человеко-машинный интерфейс входит в состав рабочего места оператора роботизированного комплекса, обеспечивающего технологическую операцию обработки торцов пружин методом плазменной резки. Также представлен его состав и функциональное описание элементов. Проведен сравнительный анализ НМИ существующего роботизированного комплекса и предложенного, по результатам которого представлены положительные выводы.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, человеко-машинный интерфейс, рабочее место оператора, пульт управления.

Введение

Важным требованием для качественного управления оборудованием является обеспечение информационного обмена данными в системе «человек-оператор – автоматизированная система управления (АСУ) роботизированного комплекса (РТК)» посредством панели оператора с размещенными на ней (в графическом виде) органами контроля и управления имеет интуитивно понятное меню выбора режимов работы с обозначениями и информационными сообщениями на русском языке.

Разработка человеко-машинного интерфейса

Основное назначение человеко-машинного интерфейса (НМИ) – обеспечение непосредственного взаимодействия между оператором и оборудованием, предоставляющего право оператору управлять и контролировать работу последнего. Исследование данного вопроса было начато в 80-х годах прошлого столетия и пред-

ставлено в иностранных источниках [1–6]. Также исследование человеко-машинного интерфейса представлено отечественными авторами [7–10].

Человеко-машинный интерфейс можно трактовать как взаимодействие между человеком и системой, под которой в данном случае понимается РТК, управление которым осуществляется по заданным правилам.

Существует множество общих рекомендаций по проектированию человеко-машинного интерфейса. Но, по мнению авторов, в большинстве случаев к оборудованию, для которого разрабатывается НМИ, должен быть индивидуальный подход в проектировании, при этом необходимо строго придерживаться стандартов при разработке дизайна визуализации НМИ. В качестве примера можно привести сигнальную лампу аварийного состояния системы на экране НМИ, которая должна быть красного цвета и при этом должна сигнализировать только об аварийном состоянии оборудования или процесса работы.

В 1992 г. Международная организация по стандартизации представила группу стандартов ISO 9241 «Эргономические требования для работы с видеодисплейными терминалами». В 2006 г. они получили общее название «Эргономика взаимодействия «человек – система». Данные стандарты, связанные с эргономикой, антропометрией и биомеханикой, находятся под управлением Технического комитета 159. В России имеются национальные стандарты по эргономике, однако большинство российских документов аутентичны международным стандартам.

Следует отметить, что для независимых разработчиков (в отличие от госучреждений) стандарты не более чем рекомендации. Крупные предприятия и независимые разработчики применяют собственные регламентирующие документы и руководства по проектированию НМИ в зависимости от условий применения оборудования.

На основе анализа литературы по разработке НМИ предлагается классифицировать разработку человеко-машинного интерфейса по следующим основным принципам.

Структурный принцип. Разработка интерфейса должна вестись целенаправленно с использованием решений, основанных на четких и последовательных действиях.

Принцип простоты. Интерфейс должен быть простым, задачи должны быть разбиты по функциональным признакам, диалог между программой и человеком должен осуществляться на родном для него языке.

Принцип определенности (однозначности). Каждое воздействие оператора должно точно исполняться системой, при этом должны быть исключены действия, которые могут привести к поломке оборудования или угрожать безопасности оператора и(или) обслуживающего персонала.

Принцип видимости. Все необходимые элементы НМИ и информационные данные должны быть достаточными и должны быть распределены по функциональному назначению.

Принцип обратной связи. Пользователь должен получать информацию от системы при воздействии на нее в режиме реального времени.

Принцип повторного использования. Интерфейс должен использовать согласованные внутренние и внешние элементы, тем самым уменьшая для пользователей необходимость переосмысления или запоминания их (элементов) назначения и реакции.

На основе принципов проектирования человеко-машинного интерфейса, описанных выше, был разработан проект НМИ для роботизированного комплекса в составе рабочего места оператора роботизированного комплекса (рис. 1).

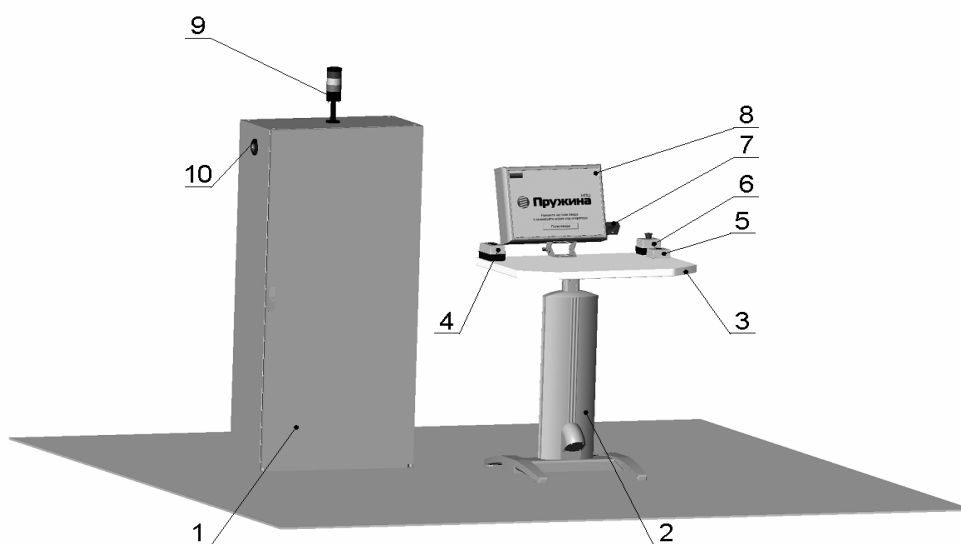


Рис. 1. Рабочее место оператора: 1 – шкаф АСУ; 2 – стойка; 3 – столешница; 4 – кнопочный пост управления силовым питанием комплекса; 5 – кнопка операционного управления; 6 – кнопка аварийного останова комплекса; 7 – сканер штрих-кода; 8 – операторская панель; 9 – светосигнальная колонна; 10 – звуковая сирена

Основным конструкционным элементом, человеко-машинного интерфейса является стойка-столешница, что в комплексе с другими элементами НМИ образует эргономичное рабочее место

оператора роботизированного комплекса. Остановимся на каждом элементе НМИ более подробно.

Стойка 2 и столешница 3 образуют рабочее место оператора. Стойка имеет возможность

регулирования высоты, при этом изменяется расстояние между уровнем пола и поверхностью столешницы. Это предоставляет рабочим разного роста возможность обеспечения требуемого положения стола с целью комфортной работы на рабочем месте, где оператор производит работу в вертикальном положении.

Кнопочный пост управления 4 обеспечивает дистанционное включение/отключение силового питания, подаваемого на шкаф управления РТК. Данный элемент уменьшает время реакции при необходимости обесточивания оборудования в случае возникновения внештатных ситуаций (задымление, короткое замыкание на электрических линиях и т. д.).

Нажатие кнопки операционного управления 5 обеспечивает запуск рабочего цикла обработки изделия на роботизированном комплексе. Следует отметить, что запуск осуществляется только после нажатия и удержания кнопки в течение 0,5 сек с целью исключения ошибочного воздействия.

Кнопка аварийного останова комплекса 6 обеспечивает мгновенный останов работы комплекса при нажатии на нее.

Сканер штрих-кода 7 обеспечивает процесс сканирование штрих-кода, нанесенного на пропуск работника и/или технологическую карту. Полученная информация передается при помощи последовательного интерфейса в автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУТП) предприятия для последующей обработки.

С помощью операторской панели (ОП) с сенсорным экраном 8 осуществляется информационный обмен данными (цифровыми, текстовыми, визуальными и звуковыми типами) между оператором и автоматизированной системой управления (АСУ) посредством разработанного программного обеспечения для ОП.

Светосигнальная стойка 9, размещенная на верхней стенке шкафа управления, сопровождается информационное обеспечение световым сигналом, при этом цвет сигнала несет смысловое значение. Выбор места расположения обусловлен, исходя из возможности наблюдения светового сигнала с максимального расстояния

Звуковая сирена 10 обеспечивает информационное обеспечение звуковым сигналом, при этом тон и продолжительность сигнала также несут смысловое значение.

Оконный интерфейс НМИ

На основании результатов, полученных в ходе информационного обзора литературы,

состава оборудования роботизированного комплекса, заданных условий эксплуатации, а также полученного опыта при разработке проектов НМИ, предложено следующее решение по разработке оконного интерфейса, состоящего из одного меню регистрации и пяти основных меню, каждое из которых имеет свое функциональное назначение. Организация работы меню осуществляется по разработанной блок-схеме (рис. 2).

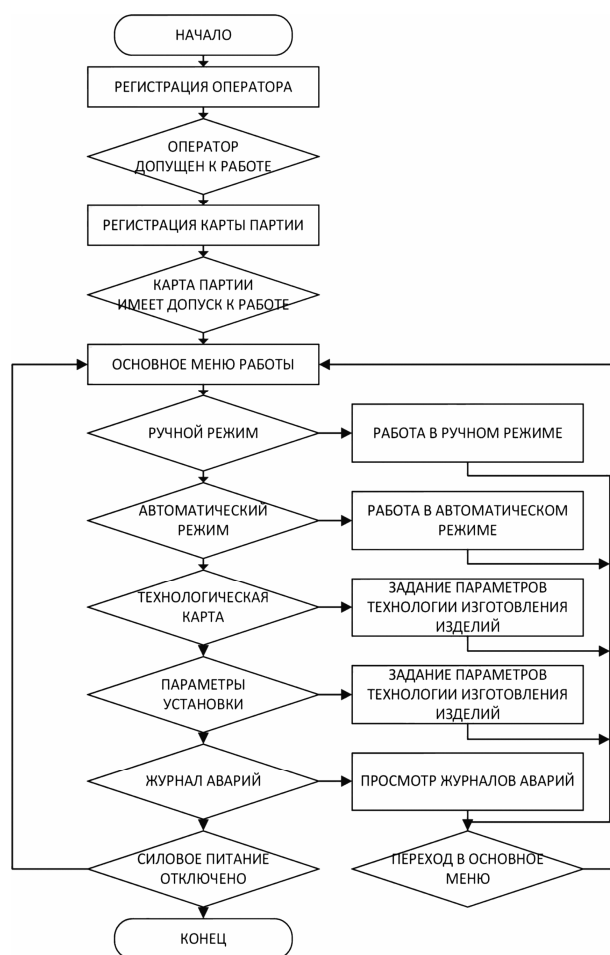


Рис. 2. Блок-схема работы НМИ

Вход в систему осуществляется только после регистрации работника. Выход из системы осуществляется из меню «Автоматический режим». Переходы по меню осуществляются при помощи функциональных кнопок, расположенных в нижней части меню, при этом переход возможен только в случае, когда роботизированный комплекс находится в режиме останова. Выбранное меню отображено кнопкой, имеющей вид нажатой. В каждом меню также отображены информационные строки событий «Авария» и «Внимание» (рис. 3), что соответствует принципу простоты и принципу повторного использования.



Рис. 3. Элементы меню, присутствующие на всех экранах НМИ

Функциональное описание основных элементов меню

Меню «Регистрация» (рис. 4). Данное меню отображено при включении питания. Его назначение – обеспечение регистрации сотрудника предприятия и в зависимости от его статуса – разрешение или запрет на выполнение заданных функциональных задач, а также регистрация карты партии с целью получения технологических параметров процесса обработки из базы данных АСУТП предприятия.

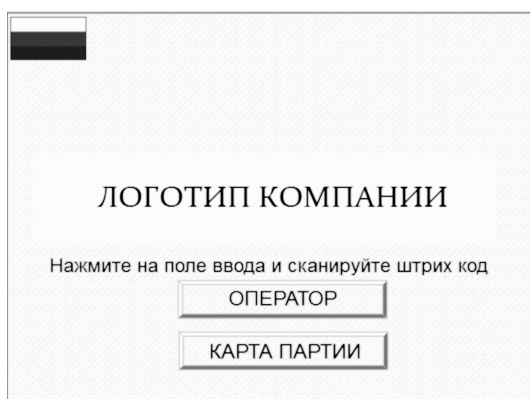


Рис. 4. Меню «Регистрация»

Меню «Ручной режим» (рис. 5). В данном меню осуществляется контроль и управление всеми элементами роботизированного комплекса по команде оператора. Выбор управляемого элемента осуществляется при помощи клавиш,

расположенных вертикально с правой стороны, при этом название клавиши соответствует управляемому элементу. Следует отметить, что разработанное программное обеспечение АСУ осуществляет контроль состояния элементов оборудования с целью исключения его поломки при ошибочном управлении работником, и в случае возникновения данной ситуации производится световое оповещение лампой «Блокировка». Меню разработано на основе принципа определенности. Управление элементами разработано на основе принципа обратной связи – при включении элемента производится световое оповещение о его действии.

Меню «Автоматический режим» (рис. 6) является основным. В данном меню работник работает большую часть рабочего времени. В процессе работы ему необходимо контролировать характеристики обрабатываемой детали, осуществлять управление процессом обработки и технологическими режимами, обеспечивать контроль заданных технологических параметров процесса обработки детали. Вся эта информация выводится на экран панели оператора.

Меню «Технологическая карта» (рис. 7) предназначено для отображения параметров обрабатываемой пружины, а также для корректировки технологических параметров.

Меню «Параметры установки» (рис. 8). Назначение данного меню – контроль и корректировка параметров элементов оборудования. Вы-

бор элементов оборудования реализован аналогично меню «Ручной режим» в соответствии с принципом повторного использования. Перечень параметров реализован табличным способом.

Для каждого параметра определены минимальные и максимальные значения, которые проверяются при вводе нового значения. Это позволяет минимизировать ошибки при вводе данных.

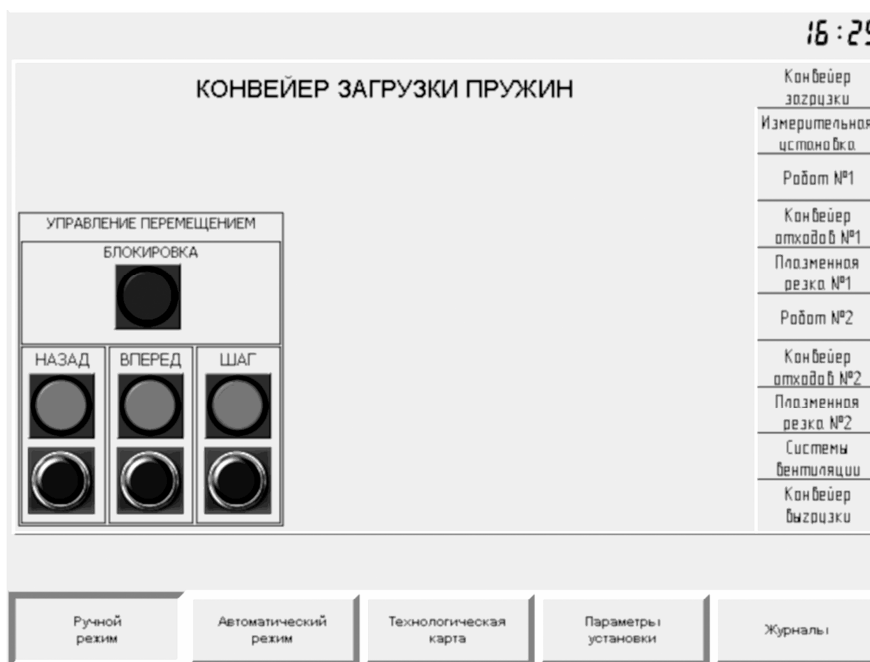


Рис. 5. Меню «Ручной режим»

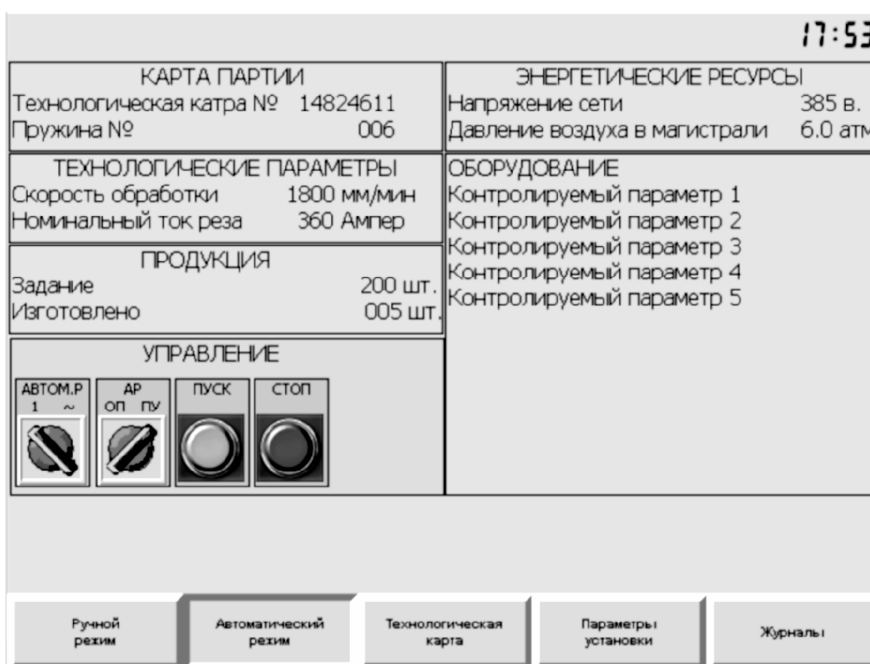


Рис. 6. Меню «Автоматический режим»

Меню «Журналы» (рис. 9). При помощи данного меню можно получить информацию о событиях «Авария» и «Внимание», а также времени, когда они произошли. Выбор типа события осуществляется с помощью закладок, расположенных в верхней части экрана и имеющих соот-

ветствующее наименование. Данная информация необходима для анализа работы оборудования.

На основе данных принципов разработаны НМИ для следующих типов оборудования: пружинно-навивочные модули, установка для испытания пружин, станция оборотного водо-

снабжения и другие единицы технологического оборудования.

В качестве примера представлен НМИ существующего роботизированного комплекса, сделанного на базе ручного пульта управления робота (рис. 10). В отличие от рассмотренного выше НМИ он имеет следующие ограничения: отсутствует регистрация оператора и номера карты партии, что приводит к отсутствию ограничения контроля РТК, а также необходимости ввода параметров технологического процесса

ручным способом. В этом случае увеличивается вероятность ошибочного ввода данных. Информационный обмен обеспечен только на английском языке, что предъявляет дополнительные требования к персоналу. Органы контроля и управления, задание технологических параметров расположены на одном экране, что приводит к смысловой перегруженности данного меню, увеличивает вероятность ошибки и время на выбор требуемого функционального воздействия на АСУ.

ПАРАМЕТРЫ ПРУЖИНЫ		ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
Наименование параметра	Значение	Ед. изм.	
Технологическая карта №	14824611		
Пружина №	006		
Диаметр прутка	25.0	мм	
Направление навивки пружины	2	1-Л, 2-П	
Длина пружины	240.0	мм	
Допуск на длину	± 2.0	мм	
Количество витков	07.15	вит.	
Допуск на количество витков	± 0.25	вит.	

10:42

Ручной режим
Автоматический режим
Технологическая карта
Параметры установки
Журналы

Рис. 7. Меню «Технологическая карта»

КОНВЕЙЕР ЗАГРУЗКИ ПРУЖИН			Конвейер загрузки
Наименование	Значение	Ед. изм.	Измерительная станция
Скорость конвейера, рабочая	2000	мм/мин	Работ №1
Скорость конвейера, позицион.	50	мм/мин	Конвейер отхода №1
Время разгона до рабочей скорости	2.0	сек.	Плазменная резка №1
Время торможения до останова	1.4	сек.	Работ №2
			Конвейер отхода №2
			Плазменная резка №2
			Система вентиляции
			Конвейер выгрузки

16:32

Ручной режим
Автоматический режим
Технологическая карта
Параметры установки
Журналы

Рис. 8. Меню «Параметры установки»

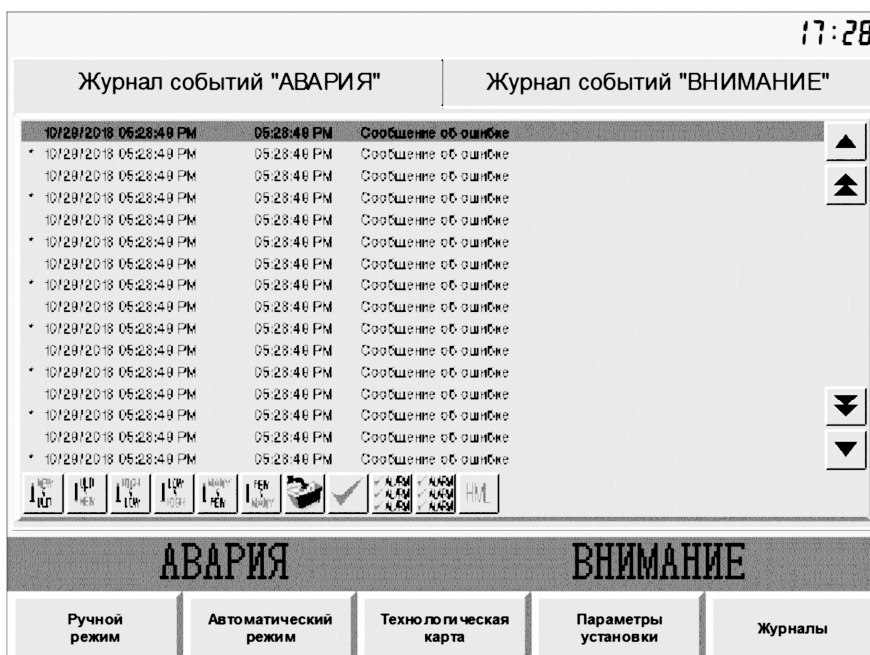


Рис. 9. Меню «Журналы»

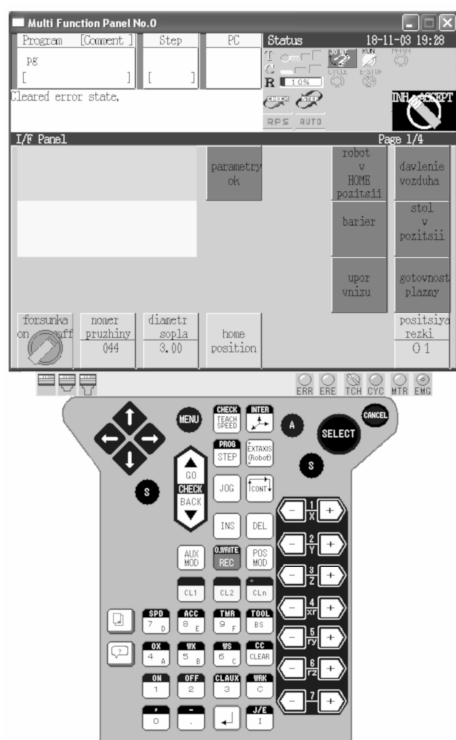


Рис. 10. HMI существующего РТК

Заключение

В результате проведенных исследований предложен вариант реализации эргономичного рабочего места оператора, разработана классификация основных принципов создания HMI, и на их основе осуществлен проект человеко-машинного интерфейса для панели оператора, обеспечивающий управление АСУ роботизированного комплекса. Установлено, что по срав-

нению с существующим созданный интерфейс HMI имеет следующие преимущества:

- возможность аппаратно-программного подключения к АСУТП предприятия;
- регистрация оператора и карты партии;
- информационный обмен на русском языке;
- функциональные меню сгруппированы по общим признакам.

Данные преимущества позволяют ограничить управление РТК рабочими, которые не имеют допуска к данному оборудованию, обеспечить автоматическую загрузку технологических параметров в АСУ РТК и при этом исключить ошибки ввода данных ручным способом, уменьшить квалификационные требования к рабочим при работе и повысить качество управления РТК.

Также следует отметить, что аналогичным образом разработаны и изготовлены рабочие места, включая HMI для другого оборудования современного предприятия, эксплуатация которого за период более четырех лет показала высокую эффективность применения данных решений.

Библиографические ссылки

1. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения : пер. с англ. М. : Конкорд, 1992, 519 с.
2. Коутс Р., Влеймник И. Интерфейс «человек – компьютер» : пер. с англ. М. : Мир, 1990. 225 с.
3. Минаси М. Графический интерфейс пользователя: секреты проектирования : пер. с англ. М. : Мир, 1996, 159 с.

4. *Yamms P.* ЭВМ и непрофессиональные пользователи: Организация взаимодействия : пер. с англ. М. : Радио и связь, 1989. 119 с.

5. Brad A. User Interface Software Tools. 7ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 1995, vol. 2, no. 1.

6. Jean-Yves F. Human-machine Interface Design for Process Control Applications, ISA, 2009, 171 p.

7. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ : в 7 т. / под ред. В. Н. Четверикова. Т. 7. Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами / В. М. Гасов, А. В. Меньков, Л. А. Соломонов, А. В. Шигин. М. : Высш. шк., 1990. 142 с.

8. *Горячкин Б. С.* Эргономические проблемы в автоматизированной системе обработки информации и управления // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14, № 12. С. 38–48.

9. *Нистюк А. И.* Программно-аппаратный комплекс для исследования сложных телекоммуникационных систем и систем управления // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. № 1 (21). С. 149–152.

10. *Нистюк А. И.* Экспериментальные исследования взаимодействия телекоммуникационных систем с неквалифицированным оператором // Фундаментальные и прикладные проблемы науки : материалы VIII Международного симпозиума. Т. 1. М. : РАН, 2013. С. 200–204.

2. Coats R., Vlaeminke I. Interfeis “chelovek - kom-p'yuter” [Man-computer interfaces]. Moscow, Mir Publ., 1990, 225 p. (in Russ.).

3. Minasi M. *Graficheskii interfeis pol'zovatelya: sekrety proektirovaniya* [Graphical User Interface: Design Secrets]. Moscow, Mir Publ., 1996, 159 p. (in Russ.).

4. Watts R. *EVM i neprofessional'nye pol'zovateli: Organizatsiya vzaimodeistviya* [Computer and non-professional users: Organization of interaction]. Moscow, Radio i svyaz' Publ. 1989, 119 p. (in Russ.).

5. Brad A. User Interface Software Tools. 7ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 1995, vol. 2, no. 1.

6. Jean-Yves F. Human-machine Interface Design for Process Control Applications, ISA, 2009, 171 p.

7. Gasov V. M., Men'kov A. V., Solomonov L. A., Shigin A. V. *Sistemnoe proektirovanie vzaimodeistviya cheloveka s tekhnicheskimi sredstvami* [System design of human interaction with technical means]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 142 p. (in Russ.).

8. *Goryachkin B. S.* [Ergonomic problems in an automated information processing and control system]. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy*, 2016, vol. 14, no. 12, pp. 38-48 (in Russ.).

9. *Nistyuk A. I.* [Software and hardware complex for the study of complex telecommunication systems and control systems]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2013, no. 1, pp. 149-152 (in Russ.).

10. *Nistyuk A. I.* *Eksperimental'nye issledovaniya vzaimodeistviya telekommunikatsionnykh sistem s nekvafitsirovannym operatorom* [Experimental studies of the interaction of telecommunication systems with an unqualified operator]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy nauki : materialy VIII Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Fundamental and applied problems of science: materials of the VIII International Symposium], 2013, vol. 1, pp. 200-204. Moscow, RAS, 2013 (in Russ.).

References

1. Buch G. *Ob'ektno-orientirovannoe proektirovanie s primerami primeneniya* [Object-Oriented Design with Application Examples]. Moscow, Konkord Publ., 1992, 519 p. (in Russ.).

Development of the HMI Interface Based on the Workplace of the Operator of the Robotic Complex

Yu. V. Turygin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A. I. Nistyuk, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

S. A. Platov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

An important requirement for the quality control of technological equipment is the provision of information exchange of data between the human-operator system and the automated control system of this equipment through a human-machine interface (HMI). There are many recommendations for HMI design, which have some general principles of construction, but also the individual features of the equipment and the application conditions, for which the design is made, should be taken into account, and it is necessary to strictly adhere to the standards when developing the HMI visualization design.

A classification of the basic principles of developing a human-machine interface is presented: the structural principle, the principle of simplicity, the principle of certainty, the principle of visibility, the principle of feedback, the principle of reuse. On the basis of these principles, a project of a human-machine interface of a robotic complex has been created and presented, a flowchart of the work and its practical implementation, made on the basis of an operator panel for industrial use, are given. This man-machine interface is a part of the workplace of the operator of the robotic complex, which provides the technological operation of processing the ends of the springs by the method of plasma cutting. Its composition and functional description of the elements are also presented. A comparative analysis of the HMI interface of the existing robotized complex and the proposed one, the results of which gave positive conclusions, was carried out.

Keywords: robotic complex, man-machine interface, operator's workplace, control panel.

Получено 08.11.2018