

ISSN 1998984-9

ИЗВЕСТИЯ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА**

(ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА)



**№30(56)
2015**



год основания – 1828

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF OPERATOR INTERFACES OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Moskovsky Pr., 26, St Petersburg, 190013, Russia
e-mail: anna_sher@rambler.ru

Here it is viewed an approach to the quantitative assessment of the technological interfaces quality, included in the structure of the automated control systems of the technological processes, using GOMS model; a comparative analysis of the technological interfaces of various developers was done on indicators, such as velocity and symbol efficiency, when solving one-type issues; special recommendations were given to improve interfaces efficiency to provide required quality of the technological processes control.

Keywords: technological (operator) interface, GOMS model, coefficient of symbol efficiency

Эффективность производственных процессов зависит от ряда факторов, в том числе от правильной организации работы операторов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Ошибки операторов в промышленных системах могут служить причиной аварийных ситуаций, имеющих непосредственное отношение к экономическим потерям и угрозам безопасности. Последствия аварий, вызванных некачественным операторским управлением, сопровождаются большим ущербом для экологии, жизни и здоровья людей. В то же время условия работы оператора, управляющего крайне сложным, инерционным, огромным по количеству динамических параметров объектом, являются весьма специфическими.

Технологический (операторский) интерфейс – важный элемент системы управления, посредством которого оператор получает практически всю информацию о технологическом процессе и осуществляет управление им. Интерфейсы, как правило, построены в соответствии со структурными элементами технологического процесса и их взаимосвязями. Используя более совершенные инструменты и технологии целеориентированного дизайна (Goal-oriented design): эффективную структуру окон, оптимальное использование цветов, рациональный характер аварийной информации, можно получить не только экономический эффект, но и увеличить безопасность производства.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Московский пр. 26, Санкт-Петербург, 190013, Россия
e-mail: anna_sher@rambler.ru

Рассматривается подход к количественной оценке качества технологических интерфейсов, входящих в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами, с использованием модели GOMS; проведен сравнительный анализ технологических интерфейсов различных разработчиков по показателям быстроты действия и символической эффективности при решении однотипных задач; даются рекомендации по повышению эффективности интерфейсов для обеспечения качества управления технологическими процессами.

Ключевые слова: технологический (операторский) интерфейс, модель GOMS, коэффициент символической эффективности

Для обеспечения надежной работы операторов АСУТП необходимо учитывать множество факторов, в том числе и дизайн человеко-машинного интерфейса.

Кроме того, результаты оценки эффективности интерфейсов могут быть использованы при построении компьютерных тренажеров для обучения операторов технологических процессов [1].

Одним из подходов к количественному анализу интерфейсов является модель GOMS, разработанная Кардом, Мораном и Ньюэллом в 1983г. [2]. Модель GOMS (the model of Goals, Objects, Methods and Selection rules) позволяет предсказать, сколько времени понадобится пользователю для выполнения некоторого набора действий. На её основе можно провести анализ вариантов интерфейса пользователя с точки зрения быстроты действия.

Для различных пользователей время выполнения того или иного жеста может сильно отличаться, но для сравнительного анализа вариантов можно применить набор стандартных интервалов.

Ниже приводится перечень операций с обозначением и временем их выполнения, полученных с помощью лабораторных исследований [2]:

- нажатие клавиши $K = 0,2$ с;
- указание позиции на экране монитора $P = 1,1$ с;
- перемещение руки с клавиатуры или обратно $H = 0,4$ с;

¹ Черникова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, каф. автоматизации процессов химической промышленности СПбГИ(ТУ), e-mail: anna_sher@rambler.ru
Chernikova Anna V., PhD (Eng.), Associate Professor, Department of automation processes of chemical industry SPbSIT(TU), e-mail: anna_sher@rambler.ru

² Жукова Юлия Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, каф. информационно-измерительных технологий и систем управления, Санкт-Петербургский государственный технологический институт растительных полимеров, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, 198095, Россия, e-mail: gukovajs@gmail.com
Zhukova Yulia S., PhD (Eng.), Associate Professor, Department of information-measuring technologies and control systems, St. Petersburg State Technological University of Plant Polymers, Ivana Chernykh st., b. 4, St.Petersburg, 198095, Russia, e-mail: gukovajs@gmail.com

ментальная подготовка пользователя к следующему шагу $M = 1,35$ с.

Разработка модели GOMS начинается с перечисления операций (жестов), которые составляют действия оператора. Более сложным является определение точек, в которых пользователь остановится, чтобы выполнить бесознательную ментальную операцию. Правила расстановки ментальных операций представлены в литературе [2].

Необходимым условием построения простого и быстрого операторского интерфейса является ввод-вывод минимального количества информации, которое требуется для решения задачи.

Для численного анализа пользовательского интерфейса Джеф Раскин, американский специалист по компьютерным интерфейсам, инициатор проекта Макинтош, ввел понятие коэффициента (E) символьной эффективности интерфейса [2]. Он определяется отношением:

$$E = \frac{S_{\min}}{S},$$

где $S_{\min}$ - минимальное количество символов, необходимых для решения задачи; S - количество символов, использованных интерфейсом.

В данной работе проведено сравнение нескольких вариантов интерфейсов АСУТП по быстродействию и значению коэффициента символьной эффективности.

При оценке быстродействия рассматривались экраны, с помощью которых оператор изменяет величины регулирующих воздействий и режимы работы автоматических систем регулирования (АСР).

В качестве примера рассмотрим ввод оператором численных значений регулирующего воздействия в режиме ручного управления с технологической клавиатуры, экран оператора представлен на рисунке 1.

Анализ интерфейса по модели GOMS проводился при следующих допущениях:

оператор вводит значения только с помощью клавиатуры или графического устройства ввода (ГУВ); значения положения регулирующего органа положительные, имеют две цифры до десятичного разделителя и одну после;

режим управления АСР задается символьной переменной.

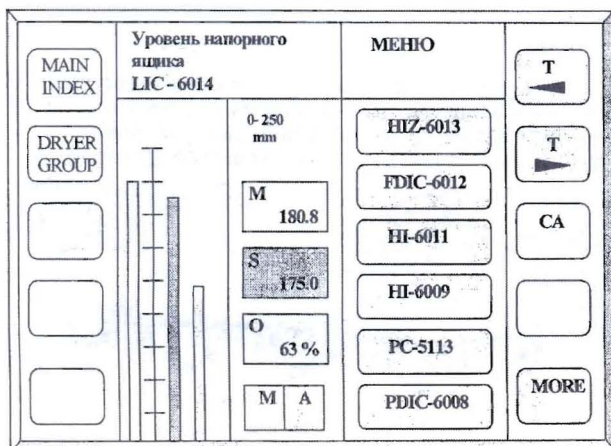


Рис.1 Экран АСР уровня в напорном ящике бумагоделательной машины

Последовательность разработки модели GOMS, описывающей действия оператора, представлена ниже.

H - перемещение руки к клавиатуре;
HP - перемещение курсора к клавише MAIN INDEX;

HPK - нажатие клавиши MAIN INDEX;
HPKP - перемещение курсора к клавише T;

HPKPK - нажатие клавиши T;
HPKPKP - перемещение курсора к меню имени АСР;
HPKPKPK - нажатие клавиши имени АСР;
HPKPKPKP - перемещение курсора к полю регулирующего воздействия;

HPKPKPKPH - перемещение руки к клавиатуре;
HPKPKPKPHKKKK - ввод с клавиатуры четырех символов регулирующего воздействия;

HPKPKPKPHKKKKKK - нажатие клавиши Enter

Далее, в соответствии с правилами расстановки оператора M, остается следующая запись: HMPKMPKMPKMPHMKKKKKMK.

После замены символов на временные интервалы имеем оценку времени выполнения оператором рассматриваемых действий:

$H+M+P+K+M+P+K+M+P+K+M+P+H+M+K+K+K+K+M+K=14,9$ сек

Рассмотрим два других варианта аналогичных технологических интерфейсов. Результаты количественного анализа быстродействия интерфейса АСР давления пара (рисунок 2) и технологического интерфейса АСР расхода отходов (рисунок 3) представлены в таблице 1.

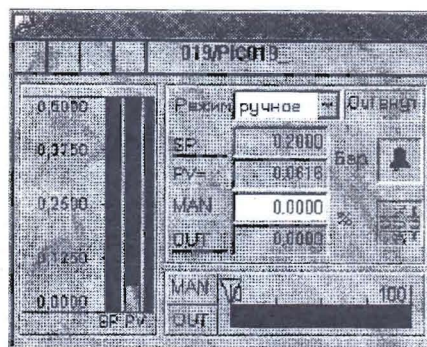


Рис.2 Экран АСР давления пара



Рис.3 Экран АСР расхода отходов

Таблица 1. Характеристики быстродействия интерфейсов АСР

№ п/п	Наименование системы	Модель GOMS и время выполнения задачи - изменение регулирующего воздействия, с	Модель GOMS и время выполнения задачи - изменение режима АСР, с
1	АСР уровня в напорном ящике	HMPKMPKMPKMPHMKKKKKMK 14,9	HMPKMPKMPKMPMK 12,35
2	АСР давления пара	HMPKMPHMKKKKKMK 9,35	HMPKMPKMK 7,25
3	АСР расхода отходов	HMPKMPKPHMKKKKKMK 9,55	HMPKMPK 5,7

При анализе символьной эффективности технологического интерфейса АСУТП учитывались следующие допущения:

оценивались функции контроля и управления, предусмотренные в рассматриваемой системе автоматизации;

рисунки технологического процесса, меню, а также постоянные тексты, в том числе и обозначения размерностей технологических параметров, символами не считались;

каждая цифра и десятичный разделитель текущих значений технологического параметра считался отдельным символом;

каждая буква обозначения режима АСР считалась отдельным символом;

каждая цветовая позиция, отражающая состояние технологического объекта, считалась как один символ.

При оценке минимального количества символов, необходимых для решения задач управления процессом, принималось во внимание следующее:

количество выводимых цифровых значений технологических параметров должны соответствовать погрешностям их измерений;

нецелесообразно дублировать задания АСР на технологическом экране, так как они имеются на экранах управления АСР, а контроль соответствия параметра заданию осуществляется системой автоматизации с выводом предупреждений;

значения давлений пара должны выводиться в единицах системы СИ (кПа), при этом сокращается число символов;

нецелесообразно дублировать тип блокировки приводов на технологическом экране, так как они выводятся в строке предупреждений и на специализированных экранах управления приводами;

нецелесообразно дублировать состояния уровня в водоотделителях цифрами, достаточно цветовой сигнализации.

нецелесообразно выводить численные значения положения запорных вентилей в виде процентов открытия (100% и 0%), достаточно цветового отображения их состояния (открыто/закрыто).

В качестве примера рассмотрим последовательность расчета коэффициента символьной эффективности технологического интерфейса АСУ паро-конденсатной системой, экранная форма которого представлена на рисунке 4, а его характеристики в таблице 2.

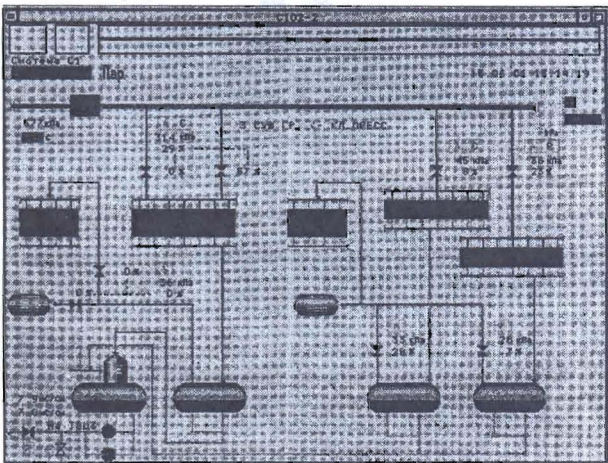


Рис.4 Экран АСУ паро-конденсатной системы (Вариант 1)

Таблица 2. Характеристики экрана паро-конденсатной системы (вариант 1)

Функции АСУТП	Кол-во позиций на экране	Текущие значения параметров	Кол-во символов на экране	Возможный минимум позиций/символов
Индикация: давления пара, температуры в коллекторе	1 1	577 кПа 192 °С	3 3	3/3 3/3
Индикация: давления пара 4 гр., рег. клапанов, режима АСР	1 2 2	314 кПа 29 % и 57 % А, С	3 4 2	3/3 4/4 2/2
Индикация: давлений пара 1 и 3 гр., рег. клапанов, режимов АСР	2 2 3	36 кПа, 33 кПа 23% и 28 / % А, С, А	4 4 3	4/4 4/4 3/3
Индикация: давления пара 2 гр., рег. клапана, режима АСР	1 1 2	45 кПа 8 % А, С	2 1 2	2/2 1/1 2/2
Индикация: перепада давления 1 гр., рег. клапана, режима АСР	1 1 1	28 кПа 7 % А	2 1 1	2/2 1/1 1/1
Индикация: давления пара сукоосушительная гр., рег. клапанов, режима АСР	1 2 1	36 кПа 0% и 0 % А	2 2 1	2/2 2/2 1/1
Индикация расходов конденсата	2	7,9 и 7,8	6	6/6
Сигнализация состояния насосов конденсата	2	Синий (вкл.) Белый (выкл)	2	2/2
Суммарное количество	29		48	48/48

Рассчитаем значение коэффициента символьной эффективности экрана Е, если минимальное количество символов, необходимых для решения задачи, $S_{min} = 48$ и количество символов, использованных интерфейсом, $S = 48$:

$$E = \frac{S_{min}}{S} = \frac{48}{48} = 1.$$

Рассмотрим результаты количественного анализа символьной эффективности аналогичного технологического интерфейса паро-конденсатной системы, выполненного другим разработчиком, представленного на рисунке 5.

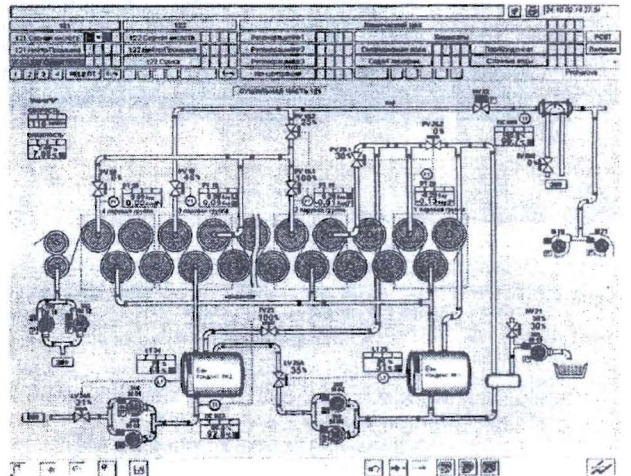


Рис.5 Экран АСУ паро-конденсатной системы (Вариант 2)

Значение коэффициента символьной эффективности в этом примере:

$$E = S_{\text{нн}} / S = 45 / 121 = 0,37.$$

Основные причины снижения коэффициента эффективности технологического экрана следующие:

использование незначащих цифровых знаков, не соответствующих точности измерения параметров – температур пара и конденсата;

необоснованное дублирование информации о параметрах технологического режима - уровня в водоотделителях и значений задающих воздействий;

необоснованный выбор единицы измерения давления пара (бар), что приводит к увеличению количества выводимых символов.

Для создания простого и быстрого интерфейса можно воспользоваться принципом «бритва Оккама», сформулированным английским философом Уильямом Оккамом еще в 14 веке. Применительно к операторскому интерфейсу он означает: любая задача контроля и управления технологическим процессом должна решаться наименьшим числом действий; движения курсора и глаз

оператора должны быть сведены к минимуму; не следует возлагать на оператора то, что может сделать компьютер.

Выводы

Результаты сравнительного анализа эффективности интерфейсов АСУТП показывают, что время, затрачиваемое оператором при работе в разных интерфейсах при выполнении одинаковых сценариев, может отличаться в несколько раз, кроме того, можно наблюдать существенное снижение символьной эффективности интерфейса. Создавая интерфейс, следует оценивать показатели качества, тогда их учет позволит уменьшить число ошибок в работе операторов АСУТП и повысить эффективность производства.

Литература

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтез, 2009. 372 с.
2. Раскин Дж. Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб.: Символ-Плюс, 2006. 272 с.