**ВЫБОР АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****SELECTION OF ANALOGUE ELECTROMAGNETIC SENSORS
FOR TECHNOLOGICAL PROCESS AUTOMATION****Дж. Ф. Мамедов**
Janshir F. MamedovСумгаитский государственный
университет,
г. Сумгаит, Российская ФедерацияSumgait State University,
Sumgait, Russian Federation**З. М. Мурадлы**
Ziyada M. MuradlyСумгаитский государственный
университет,
г. Сумгаит, Российская ФедерацияSumgait State University,
Sumgait, Russian Federation**Г. С. Абдуллаев**
Gurban S. AbdullaevСумгаитский государственный
университет,
г. Сумгаит, Российская ФедерацияSumgait State University,
Sumgait, Russian Federation

В соответствии с поставленной задачей по выбору типа электромагнитных датчиков для разных отраслей промышленности, проведен сравнительный анализ аналоговых электромагнитных датчиков (АЭМД) для системы управления гибких производственных систем (ГПС) машиностроения и наземного нефтедобывающего оборудования. Предложена блок-схема алгоритма информационного поиска, выбора и создания базы данных АЭМД для промышленного робота, функционирующего в ГПС машиностроения и наземного нефтедобывающего оборудования.

Для каждого гибкого производственного модуля ГПС создана отдельная база данных типа АЭМД, составляющая информационно-измерительный уровень автоматизированной системы управления на базе SCADA. Предложен алгоритм по определению отдельных и суммарных погрешностей, образующихся в результате функционирования руки и захвата промышленного робота, позволяющий выбрать типы и модели АЭМД.

Предложен алгоритм выбора и проектирования АЭМД для автоматизированной системы управления наземного нефтедобывающего оборудования с применением компьютерных экспериментов.

In accordance with the task of choosing the type of electromagnetic sensors for various industries, comparative analysis of analog electromagnetic sensors (AEMS) for the control system of flexible manufacturing systems (FMS) of mechanical engineering and ground-based oil production equipment was carried out. A block-scheme of the algorithm for information retrieval, selection and creation of the AEMS database for an industrial robot which operates in the FMS of mechanical engineering and ground-based oil production equipment (GOPE) is proposed.

A separate AEMS-type database has been created for each flexible manufacture module of FMS which constitutes the information-measuring level of an automated control system based on SCADA. An algorithm for determining the individual and total errors resulting from the functioning of the arm and the gripper of an industrial robot allowing to select the types and models of AEMS is proposed.

An algorithm for the selection and design of AEMS for an automated control system for GOPE using computer experiments is proposed.

Введение

В современную эпоху для повышения эффективности и производительности автоматизации и управления технологическими процессами в различных областях промышленности важно использовать точные, надежные

информационно-измерительные, регулирующие, диагностирующие и управляющие системы. Из анализа гибких производственных систем (ГПС) автоматизированных предприятий машиностроения, приборостроения [1, С. 45–87; 2, С. 78–107], а также предприя-

Ключевые слова

аналоговый электромагнитный датчик; гибкая производственная система; промышленный робот; наземное нефтедобывающее оборудование

Key words

analog electromagnetic sensor; flexible manufacturing system; industrial robot; ground-based oil production equipment

тий нефтедобывающей промышленности [3] следует отметить, что правильный выбор типа датчиков информационно-измерительной и управляющей систем должным образом влияет на надежность и продолжительность функционирования технологического оборудования, манипуляторов, промышленных роботов в ГПС и наземных глубинно-насосных устройствах нефтедобывающего оборудования.

В этой связи в статье рассматривается вопрос по разработке алгоритмических и математических моделей для поиска и выбора аналоговых электромагнитных датчиков (АЭМД), которые обеспечивали бы точность и надежность текущей информации о технологическом процессе, а также функции измерения и контроля для отраслей промышленности, выпускающих наземное нефтедобывающее оборудование (ННО).

В соответствии с поставленной задачей были определены нижеследующие научно-исследовательские вопросы.

1. Информационный поиск и выбор АЭМД, используемых в информационно-измерительном уровне системы управления активными элементами ГПС наземного нефтедобывающего оборудования.

2. Разработка алгоритма выбора АЭМД для информационно-измерительной системы промышленного робота, функционирующего в ГПС.

3. Выбор и проектирование АЭМД, используемых в системе управления наземного нефтедобывающего глубинно-насосного оборудования.

Информационный поиск и выбор электромагнитных датчиков аналогового типа на информационно-измерительном уровне системы управления ГПС наземного нефтедобывающего оборудования

Учитывая сложность технологической структуры ГПС наземного нефтедобывающего оборудования, большое количество автоматизированных технических систем, их информационных, технологических взаимосвязей и широкий спектр выпускаемой продукции, требуется создание базы данных активных элементов информационно-измерительной подсистемы (ИИП) для системы управления ГПС ННО. В этой связи реализуется процесс информационного поиска и выбора АЭМД для системы управления ГПС в

различных областях промышленности, и в том числе в ННО [4, 5], в результате чего обеспечивается создание системы управления базой данных (СУБД) АЭМД. Блок-схема алгоритма поиска, выбора и формирования СУБД АЭМД представлена на рисунке 1.

Для создания баз данных АЭМД на уровне информационно-измерительной подсистемы архитектуры автоматизированной системы управления ГПС используются следующие процедуры:

1. Определение типов, технических характеристик, позиций и количества АЭМД, выбранных в соответствии с работой технологического оборудования, промышленных роботов, манипуляторов и других активных элементов ГПС ННО;

2. Определение типов, технических характеристик и позиций АЭМД, контролирующих рабочую зону траектории промышленных роботов, манипуляторов и динамических механических частей ННО;

3. Определение типов, технических характеристик и позиций АЭМД, которые регулируют движение производственных линий ГПС ННО.

Процесс выбора АЭМД для автоматизированной схемы ГПС начинается со сравнительного анализа готовых проектов в этой области. Учитывая, что был проведен анализ существующих проектов АЭМД [6, 7], на этапе системно-технического проектирования информационно-измерительной системы управления ГПС более целесообразно использовать методы логического моделирования, компьютерные эксперименты и процедуры виртуального проектирования на более позднем этапе [8].

АЭМД, выбранные для информационно-измерительного уровня автоматизированной системы управления ГПС, обеспечивают технический интерфейс технологического оборудования, промышленных роботов, манипуляторов и автоматизированных транспортных линий с общей системой управления с помощью монтажных и кабельных материалов. Выбранные датчики также обеспечивают интеллектуально-информационное взаимодействие с другими средствами контроля, регулирования, диагностирования технических единиц на основе локальной корпоративной сети и глобальной компьютерной сети. На уровне применения АЭМД общей автоматизированной системы управления ГПС при ее системно-технической разработке внедряется визуаль-

Рисунок 1. Блок-схема алгоритма информационного поиска, выбора и создания базы данных АЭМД в соответствии с областями применения

ная программная система SCADA для автоматизированного оперативного контроля и принятия решения за технологическими операциями каждого производственного модуля ГПС, качеством продукции и текущим состоянием активных элементов производства в целом.

Для эффективного функционирования архитектуры автоматизированной системы управления ГПС на уровне информационно-измерительных данных применяется система управления базой данных, обеспечивающая быстрое взаимодействие АЭМД с дис-

петчерским местом оператора, а также гибкость при переходе производства на другой вид продукции [9]. Информационно-измерительная подсистема, состоящая из выбранных и внедренных АЭМД в активные элементы ГПС, представляется базой данных СУБД, где для управления данными осуществляются запрос, информационный поиск и логический выбор на основе текущих производственных условий (изменения данных в работе технологического оборудования, промышленного робота, планирования операций, внешних воздействий и др.) [10]. В СУБД на

базе MS Access с помощью реляционного моделирования реализуется операция поиска данных по АЭМД с применением логических запросов (путем ввода ключевого слова в блоке запроса). Основная информация вводится в сочетании с числовыми (отражающими периодические затраты на выполнение

технологических операций), текстовым (тип операции) и логическим (производственные команды) данными. В результате операции системы управления, выбранной из базы данных, отображаются в таблице, соответствующей значениям выражения запроса (рисунок 2).

Рисунок 2. Система управления базой данных АЭМД для автоматизированной системы управления ГПС на базе SCADA

Как видно из рисунка 2, отдельно для каждого гибкого производственного модуля (ГПМ_i) ГПС создается отдельная база данных датчиков типа АЭМД (БД_{АЭМД}), которые составляют информационно-измерительный уровень автоматизированной системы управления на базе SCADA.

Учитывая сложность технологических операций и многофункциональность в каждом ГПМ_i ($i = \overline{1, N}$), то для каждого типа активных элементов их технические характеристики и

виды технологических операций также сохраняются в базе данных. Определяются и вводятся исходные данные, характеризующие точное размещение каждого АЭМД в перемещающихся позициях механических частей активных элементов ГПС. Типы АЭМД для позиционирования линейных, угловых перемещений, безопасности движения промышленного робота, манипулятора, фиксирования манипуляционных объектов на транспортере сохраняются в базе данных.

$$M_{KC_ГПС1} \in \{M_{KC_ГПМ1}, M_{KC_ГПМ2}, \dots, M_{KC_ГПМN}\}, I = 1, N, \quad (1)$$

где $M_{KC_ГПС1}$ — множество компоновочных структур ГПМ в ГПС.

$$\begin{aligned} \forall M_{AЭМД_1j} &\in \{M_{AЭМД_1j}^{ГПМ1}, M_{AЭМД_1j}^{ГПМ2}, \dots, M_{AЭМД_1j}^{ГПМ6}\}, \\ \forall M_{AЭМД_2j} &\in \{M_{AЭМД_2j}^{ГПМ1}, M_{AЭМД_2j}^{ГПМ2}, \dots, M_{AЭМД_2j}^{ГПМ6}\}, \\ &\dots \dots \dots, \\ \forall M_{AЭМД_ij} &\in \{M_{AЭМД_ij}^{ГПМ1}, M_{AЭМД_ij}^{ГПМ2}, \dots, M_{AЭМД_ij}^{ГПМ6}\}, \end{aligned} \quad (2)$$

$M_{AЭМД_ij}$ — наличие аналоговых электромагнитных датчиков в компоновочной структуре ГПМ_i, для промышленных роботов ($AЭМД_1M$); для манипуляторов ($AЭМД_2M$); для технологического оборудования ($AЭМД_3M$); автоматических транспортных линий ($AЭМД_NM$).

Учитывая, что промышленный робот, обслуживающий технологическое оборудование, имеет степень подвижности $S_n = 3$, то выбор АЭМД для автоматизации позиционирования линейного, кругового перемещения и фиксирования открытия и закрытия захвата осуществляется на основе следующего условия [11]:

$$\frac{S_i K}{D} \leq [\Delta], \quad (3)$$

где $S_i = \{S_{IG}, S_{YB}, \varphi_B\}$ — степени подвижности по линейным и круговым перемещениям;

D — количество импульсов в дискретном преобразовании (выбирается из справочника моделей АЭМД);

K — 1.5, ..., 3 — коэффициент качества;

$[\Delta]$ — погрешность позиционирования промышленного робота.

В соответствии с технологическими операциями подобно линейному, круговому перемещению руки, открытию и закрытию захвата промышленного робота суммарная погрешность рассчитывается следующим образом:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m \Delta h^j + \sum_{i=1}^n \Delta y^i + \sum_{f=1}^s \Delta x^f + \sum_{k=1}^t \Delta \alpha^k + \sum_{h=1}^r \Delta \beta^h + \sum_{d=1}^e \Delta \varphi^d \leq [\Delta], \quad (4)$$

где Δh^j — погрешность, образующаяся в результате движения вверх — вниз по оси z ;

Δy^i — погрешность, образующаяся в результате движения вперед — назад по оси y ;

Δx^f — погрешность, образующаяся в результате движения вперед — назад по оси x ;

$\Delta \alpha^k$ — погрешность, образующаяся в результате кругового движения вокруг оси z ;

$\Delta \beta^h$ — погрешность, образующаяся в результате движения вокруг оси y ;

$\Delta \varphi^d$ — погрешность, образующаяся в результате движения вокруг оси x ;

$[\Delta] = \frac{\Delta_{\Sigma}}{K_{\Delta}}$, $K_{\Delta} = 1,2$ — коэффициент вероятности.

На основе созданного алгоритма по определению отдельных и суммарных погрешностей, образующихся в результате функционирования руки и захвата промышленного робота, достаточно точно можно выбрать типы и модели АЭМД исходя из специфики технологических операций оборудования и установок в другой более стратегической области промышленности — нефтедобывающей технике.

Выбор и проектирование АЭМД для системы управления нефтедобывающего оборудования

Для выбора АЭМД и построения схемы автоматизации на уровне информационно-измерительной подсистемы управления процессом добычи нефти требуется решение следующих задач:

1. Разработка универсального информационно-поискового алгоритма выбора АЭМД, обеспечивающих автоматизацию процесса добычи нефти на уровне информационно-измерительных элементов АСУ;

2. Создание схемы автоматизации на информационно-измерительном уровне АЭМД в процессе добычи нефти.

Как известно [12], основные технические части наземной нефтедобывающей глубинно-насосной установки, используемой в процессе добычи нефти, представлены на рисунке 3.

В процессе работы наземной нефтяной вышки за счет углового перемещения балансира с головкой от привода осуществляется поступательно-линейное движение бурильной трубы. При этом в зависимости от деформации штока насоса подвески, угловых смещений весов балансира предлагается выбор АЭМД для информационно-измерительной подсистемы АСУ глубинно-насосной нефтедобывающей техники.

После того как используемые АЭМД на глубинно-насосной нефтедобывающей технике фиксируют текущие состояния движущихся частей (деформация штока насоса подвески, угловое смещение весов балансира), аналоговые сигналы передаются в аналогово-цифровой преобразователь, где сигналы поступают в микроконтроллер аналогичным образом. Данные управляющей программы,

Рисунок 3. Наземная нефтедобывающая глубинно-насосная установка

хранящиеся в блоке памяти микроконтроллера, позволяют контролировать и регулировать производительность технологических операций глубинного насоса, состояние баланса форсунки и деформацию вала. Это связано с тем, что независимо от резкого изменения температурного диапазона (от минус 40 °С до 400 °С) на открытом воздухе, установленные на балансире и штоке АЭМД имеют наименьшую погрешность при измерении входной информации. В АЭМД, размещенных на платах с пластиковыми корпусами, результаты измерений зависят не от интенсивности магнитного поля, а от направления магнитного поля.

АЭМД, работающий за счет деформации, размещается между траверсами в штанговой глубинно-насосной установке. Внутри сплошной монолитной конструкции находятся чувствительный механизм, микропроцессорный модуль, источник питания и модуль радиомодема, которые являются составляющими частями АЭМД. Информация о динамической силе передается от АЭМД на станцию управления скважиной, которая устанавливается на площадке скважины. АЭМД в комплексе состоит в основном из датчика силы деформации и модуля контроллера [13]:

— преобразователь мощности — чувствительный механизм, работающий по принципу деформации;

— модуль контроллера — это модуль, который преобразует, обрабатывает и передает радиосигналы с использованием цифровых входных сигналов.

Для первоначального преобразования используется встроенная микросхема НМС5883L с цифровым интерфейсом 12С в виде высокочувствительного трехосного компаса. Показатели выходного напряжения микросхемы определяются на основании компьютерных экспериментов. При этом выходное напряжение V_0 микросхемы НМС5883L зависит от следующих параметров:

U_{qm} — напряжение источника питания;

K_m — коэффициент используемого материала;

θ — угол между током и вектором намагниченности.

Выходное напряжение микросхемы определяется в соответствии с выражением [13]:

$$V_0 = U_{qm} K_m \sin(2\theta). \quad (5)$$

На основании проведенных компьютерных экспериментов выходные сигналы АЭМД представляются графической зависимостью напряжения источника питания U_{qm} и угла θ между током и вектором намагниченности (рисунок 4).

В зависимости от величины внешнего магнитного поля сопротивление чувствительного элемента АЭМД определяется на основе выражения:

Рисунок 4. Графическая зависимость напряжения источника питания U_{qm} и угла θ между током и вектором намагниченности

$$R = R_0 + \Delta R \cos 2\theta, \quad (6)$$

где R_0 — сопротивление чувствительного элемента в отсутствии поля;

ΔR — изменение сопротивления во внешнем поле;

θ — угол между током и вектором намагниченности.

На основании компьютерных экспериментов выходные сигналы АЭМД также представляются графической зависимостью выходного

напряжения V_0 микросхемы НМС5883L и линейного смещения L (рисунок 5).

Таким образом, на основе компьютерных экспериментов обоснован выбор аналогового электромагнитного датчика в качестве первичного преобразователя положения, описана конструкция устройства определения положения и выбрана наиболее подходящая микросхема НМС5883L.

Рисунок 5. Графическая зависимость выходного напряжения V_0 микросхемы НМС5883L и линейного смещения L

Выводы

В соответствии с полученными результатами можно сделать следующие выводы.

1. Предложена блок-схема алгоритма информационного поиска, выбора и создания базы данных АЭМД в соответствии с областями применения в активных элементах (на примере промышленного робота) ГПС машиностроения наземного нефтедобывающего оборудования.

2. Для каждого гибкого производственного модуля ГПС создана отдельная база дан-

ных типа АЭМД, составляющая информационно-измерительный уровень автоматизированной системы управления на базе SCADA.

3. Предложен алгоритм по определению отдельных и суммарных погрешностей, образующихся в результате функционирования руки и захвата промышленного робота, позволяющий выбрать типы и модели АЭМД.

4. Предложен алгоритм выбора и проектирования АЭМД для системы управления наземного нефтедобывающего оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. М.: Издательский центр Академия, 2007. 239 с.

2. Костюк Г.И., Баранов О.О., Левченко И.Г., Фадеев В.А. Роботизированные технологические комплексы. Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. 214 с.

3. Горев С.М. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2003. 121 с.

4. Мамедов Дж.Ф., Талыбов Н., Тагиева Т. Экспертный выбор и оценка инновационного проекта в технологическом парке // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2017. Т. 17. № 4. С. 161–165. DOI: 10.14529/ctcr170418.

5. Мамедов Дж.Ф. Задачи и этапы разработки автоматизированного выбора и проектирования гибких производственных систем. Баку: Издательство Бакинского Университета, 2002. 175 с.

6. Ковшов В.А., Емец С.В., Ганцев А.О., Хакимьянов М.И. Анализ датчиков усилия в механизированных установках добычи нефти // Прогрессивные технологии в добыче нефти: сб. науч. тр. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. С. 102–105.

7. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б., Гусейнов Р.А., Мамедова Ш.Т., Асадова К.Ф., Анализ энергетических показателей электромагнитного датчика малых линейных перемещений // Метрология. 2010. № 11. С. 30–37.

8. Тагиева Т.Г. Алгоритмическое обеспечение экспертного выбора инновационного проекта // Наука. Технология Производство — 2017: матер. Междунар. науч.-техн. конф. аспирантов и молодых ученых. Салават: Изд-во УГНТУ, 2017. С. 418–420.

9. Mamedov J.F., Huseynov A.H. Application of the Intelligence and Mathematical Models for Computing Design of the Flexible Manufacturing Module // Applied and Computational Mathematics. 2003. Vol. 2. No. 1. P. 42–47.

10. Mamedov J.F., Tagiyeva T.A., Akhmedova S.M., Aliyeva A. Interface for Intelligence Computing Design and Option of Technical Systems // Intelligent Control and Automation. 2015. Vol. 6. No. 4. P. 289–294. DOI: 10.4236/ica.2015.64026.

11. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б. Аналитическое определение параметров индуктивного датчика линейных и угловых перемещений // Электротехника. 2002. № 11. С. 53–58.

12. Уразаков К.Р., Андреев В.В., Жулаев В.П. Нефтепромысловое оборудование для кустовых скважин. М.: Недра, 1999. 267 с.

13. Тимофеев А.О., Ясоев В.Х. Беспроводный бесконтактный датчик положения штока скважинной штанговой глубиннонасосной установки // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2019. Т. 15. № 1. С. 94–99. DOI: 10.17122/1999-5458-2019-15-1-94-99.

REFERENCES

1. Sosnin O.M. *Osnovy avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv* [Basics of Automation of Technological Processes and Production]. Moscow, Izdatel'skii tsentr Akademiya Publ., 2007. 239 p. [in Russian].

2. Kostyuk G.I., Baranov O.O., Levchenko I.G., Fadeev V.A. *Robotizirovannye tekhnologicheskie komplekсы* [Robotic Technological Complexes]. Kharkiv, Natsional'nyi aerokosmicheskii universitet «KhAI» Publ., 2003. 214 p. [in Russian].

3. Gorev S.M. *Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov neftyanoi i gazovoi promyshlennosti* [Automation of Production Processes in the Oil and Gas Industry]. Petropavlovsk-Kamchatsky, KamchatGTU Publ., 2003. 121 p. [in Russian].

4. Mamedov Dzh.F., Talybov N., Tagieva T. *Ekspertnyi vybor i otsenka innovatsionnogo proekta v tekhnologicheskome parke* [Expert Option and Assessment of an Innovation Project in the Technology Park]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika — Bulletin of The South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2017, Vol. 17, No. 4, pp. 161–165. DOI: 10.14529/ctcr170418. [in Russian].

5. Mamedov Dzh.F. *Zadachi i etapy razrabotki avtomatizirovannogo vybora i proektirovaniya gibkikh proizvodstvennykh sistem* [Tasks and Stages of Development of Automated Selection and Design of Flexible Production Systems]. Baku, Izdatel'stvo Bakinskogo Universiteta Publ., 2002. 175 p. [in Russian].

6. Kovshov V.A., Emets S.V., Gantsev A.O., Hakimyanov M.I. *Analiz datchikov usiliya v mekhanizirovannykh ustanovkakh dobychi nefti* [Analysis of Force Sensors in Mechanized Oil Production Units]. *Sbornik nauchnykh trudov «Progressivnye tekhnologii v dobyche nefii»* [Collection of Scientific Papers «Progressive Technologies in Oil Production»]. Ufa, UGNTU Publ., 2000, pp. 102–105. [in Russian].

7. Mamedov F.I., Dadasheva R.B., Guseinov R.A., Mamedova Sh.T., Asadova K.F. *Analiz energeticheskikh pokazatelei elektromagnitnogo datchika mal'kh lineinykh peremeshchenii* [Analysis of the Energy Performance of an Electromagnetic Sensor of Small Linear Displacements]. *Metrologiya — Measurement Techniques*, 2010, No. 11, pp. 30–37. [in Russian].

8. Tagieva T.G. *Algoritmiticheskoe obespechenie ekspertnogo vybora innovatsionnogo proekta* [Algorithmic Support for the Expert Selection of an Innovative Project]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii aspirantov i molodykh uchenykh «Nauka. Tekhnologiya Proizvodstvo — 2017»* [Materials of the International Scientific and Technical Conference of Postgraduates and Young Scientists «Science. Technology Production — 2017»]. Salavat, UGNTU Publ., 2017, pp. 418–420. [in Russian].

9. Mamedov J.F., Huseynov A.H. *Application of the Intelligence and Mathematical Models for Computing Design of the Flexible Manufacturing Module*. *Applied and Computational Mathematics*, 2003, Vol. 2, No. 1, pp. 42–47.

10. Mamedov J.F., Tagiyeva T.A., Akhmedova S.M., Aliyeva A. *Interface for Intelligence Computing Design and Option of Technical Systems*. *Intelligent Control and Automation*, 2015, Vol. 6, No. 4, pp. 289–294. DOI: 10.4236/ica.2015.64026.

11. Mamedov F.I., Dadasheva R.B. *Analiticheskoe opredelenie parametrov induktivnogo datchika lineinykh i uglovyykh peremeshchenii* [Analytical Determination of the

Parameters of an Inductive Linear and Angular Displacement Transducer]. *Elektrotehnika — Russian Electrical Engineering*, 2002, No. 11, pp. 53-58. [in Russian].

12. Urazakov K.R., Andreev V.V., Zhulaev V.P. *Neftepromyslovoye oborudovanie dlya kustovykh skvazhin* [Oilfield Equipment for Cluster Wells]. Moscow, Nedra Publ., 1999. 267 p. [in Russian].

13. Timofeev A.O., Yasoveev V.Kh. *Besprovodnyi beskontaktnyi datchik polozheniya shtoka skvazhinnoi shtangovoi glubinnonasosnoi ustanovki* [Wireless Contactless Sensor Stock Palaces Well Rod Deep-Pump Installation]. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy — Electrical and Data Processing Facilities and Systems*, 2019, Vol. 15, No. 1, pp. 94–99. DOI: 10.17122/1999-5458-2019-15-1-94-99. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ABOUT THE AUTHORS

Мамедов Джанишир Фирудин оглу, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация процессов», Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджанская Республика.

Janshir F. Mamedov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Process Automation Department, Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan Republic

e-mail: cavan62@mail.ru

Мурадлы Зияда Махал кызы, докторант кафедры «Автоматизация процессов», Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджанская Республика.

Ziyada M. Muradly, Doctorant of Process Automation Department, Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan Republic

e-mail: ziyademurad@gmail.com

Абдуллаев Гурбан Садых оглу, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Метрология и стандартизация», Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджанская Республика.

Gurban S. Abdullaev, Candidate Engineering Sciences, Associated Professor, Head of Metrology and Standardization Department, Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan Republic

e-mail: mailoglu@mail.ru