

**О.И. Ширяева\*, Н.С. Сарсенбаев**

Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,

Satbayev University, Алматы, Казахстан

\*e-mail: oshiryayeva@gmail.com

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** В статье представлена сформированная методология интеллектуализации промышленного производства нефтегазовой отрасли Республики Казахстан на основе интеллектуальных оптимизационных алгоритмов, обеспечивающая решение задач синтеза типовых регуляторов с применением современной микропроцессорной техники. В качестве примера использована распределённая система управления CENTUM VP фирмы Yokogawa. Для формулировки процедуры интеллектуализации поставлена задача поиска параметров типового регулятора, которые обеспечивают экстремум целевой функции (критерия качества), используя интеллектуальные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. В частности, необходимость синтеза пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора на основе эволюционного популяционного алгоритма, который минимизирует выбранную квадратичную интегральную оценку качества. В качестве интеллектуальных алгоритмов также предложено использовать алгоритмы глобальной поисковой оптимизации, обеспечивающие решение поставленной задачи на основе методов искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** PID-регулятор, интеллектуальная система, нефтегазовая отрасль, микропроцессорная техника, промышленное производство.

**Введение.** Проблема применения современной микропроцессорной техники в нефтегазовой отрасли Республики Казахстан (РК) для интеллектуализации промышленного производства в настоящее время является актуальной. Перспективным направлением для решения задачи интеллектуализации производства является применение интеллектуальных алгоритмов настройки типовых регуляторов, эффективно использующихся при решении оптимизационных задач [1,2].

Пристальное внимание разработчиков систем управления различными процессами нефтегазовой отрасли к современным интеллектуальным методам синтеза типовых регуляторов объясняется преимуществами данных методов. Они зарекомендовали себя как высокоэффективные алгоритмы в вопросах нахождения оптимальных значений критериев качеств, что обосновано их высокой скоростью сходимости, адаптируемости, обучаемости и эволюционирования [3-5].

Интеллектуальные алгоритмы, в настоящее время, разнообразны – каждый из алгоритмов имеет свои преимущества и должен рассматриваться непосредственно в соответствии с конкретным технологическим процессом нефтегазовой отрасли, желаемым требованиям к ним и типом регуляторов [6].

В настоящее время на предприятиях нефтегазовой отрасли Республики Казахстан используется микропроцессорная техника фирм Yokogawa, Siemens, Honeywell. Данная техника реализует законы типового регулирования, при настройке параметров, которых используется и автонастройка, и ручная настройка, и настройка на основе различных методов теории автоматического регулирования. В данной работе предлагаются конкретные решения задачи синтеза типовых регуляторов на основе методов интеллектуальных систем [7].

**Постановка задачи.** На основе интеллектуальных оптимизационных алгоритмов сформировать методологию интеллектуализации промышленного производства нефтегазовой

отрасли РК, обеспечивающую решение задач синтеза типовых регуляторов с применением современной микропроцессорной техники.

**Микропроцессорная техника нефтегазовой отрасли Республики Казахстан.** Для решения задачи управления технологическими процессами нефтегазовой отрасли, используется распределённая система управления (PCY), например, CENTUM VP фирмы Yokogawa [7]. В системной архитектуре CENTUM VP, компонент, предназначенный для выполнения функций управления - станция управления (контроллер распределённой системы управления), который интегрирован в CENTUM VP наряду с другими компонентами: Станция оператора, Станция инженера PCY, Станция инженера ПАЗ, Станция безопасности т.д.

В состав распределённой системы управления (рисунок 1) входит пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (PID-регулятор), формирующий сигнал управления, MV, на основе ошибки рассогласования, E. Ошибка рассогласования – результат сравнения текущего значения выходного сигнала объекта управления, PV, и заданного сигнала, SV.

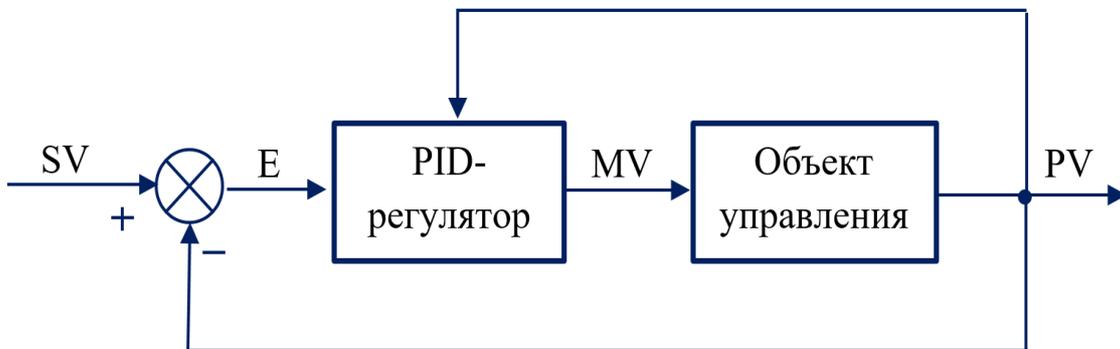


Рис. 1. Функциональная схема PCY с PID-регулятором

Законы управления PCY для PID-регулятора формируются на основе выражений, включающих, в качестве входного сигнала не только ошибку рассогласования, E, но и фактическое значение выходного сигнала, PV [7].

1 Закон управления PCY для PID-регулятора, в котором все три параметра PID-регулятора реагируют на изменение ошибки рассогласования:

$$MV(t) = K_p \cdot K_s \cdot \left\{ E(t) + \frac{1}{TI} \int E(t) + TD \frac{dE(t)}{dt} \right\}, \quad (1)$$

где параметры регулятора:

$K_p$  – коэффициент усиления пропорциональной составляющей;

$K_s$  – коэффициент отношения разницы верхнего и нижнего предела управляющего сигнала, MV, и разницы верхнего и нижнего предела текущего значения выходного сигнала, PV.

TI – постоянная времени интегрирующей составляющей;

TD – постоянная времени дифференцирующей составляющей.

2 Закон управления PCY для PID-регулятора, в котором только постоянная времени интегрирующей составляющей реагирует на изменение рассогласования, пропорциональный и дифференциальный параметры реагируют только на изменение PV:

$$MV(t) = K_p \cdot K_s \cdot \left\{ PV(t) + \frac{1}{TI} E(t) + TD \frac{dPV(t)}{dt} \right\}. \quad (2)$$

3 Закон управления PCY для PID-регулятора, в котором пропорциональный и интегральный параметры реагируют на изменение рассогласования, а дифференциальный параметр реагирует только на изменение PV:

$$MV(t) = K_p \cdot K_s \cdot \left\{ E(t) + \frac{1}{TI} E(t) + TD \frac{dPV(t)}{dt} \right\}. \quad (3)$$

Законы управления (1-3) в PCY соответствуют регуляторов (рисунок 2) [7]:

- PID: 1 закон управления;
- I-PD: 2 закон управления;
- PI-D: 3 закон управления.

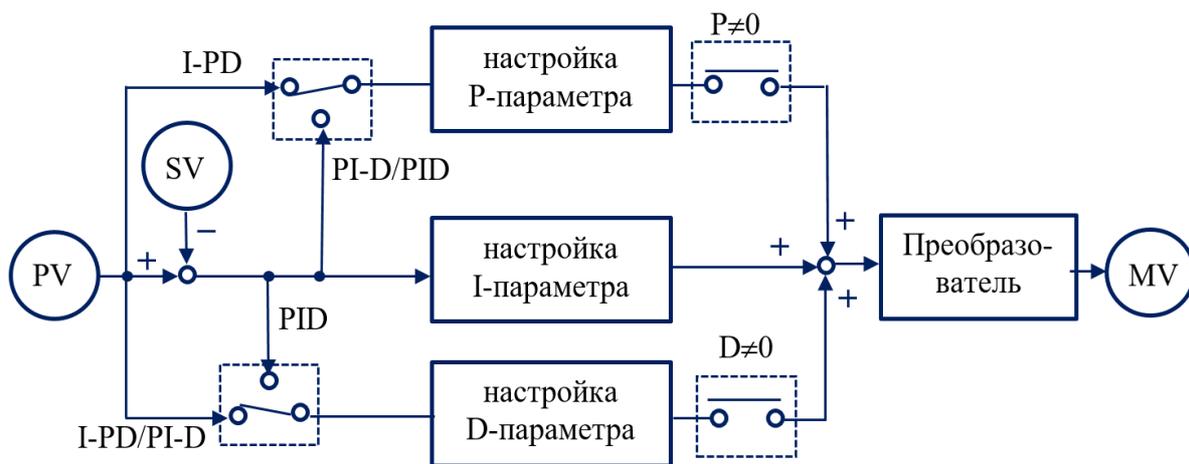


Рис. 2. PID-регулятор распределённой системы управления

Для настройки параметров PID-регулятора (рисунок 2) используются различные аналитические и численные методы. В данной работе ставится задача настройки регулятора с использованием алгоритмов искусственного интеллекта.

**Интеллектуализация PID-регулятора.** Для реализации задачи интеллектуализации сформируем алгоритм получения управляющего сигнала для объекта управления, с использованием PID-регуляторов распределённой системы управления, который представлен на рисунке 3.

Для настройка PID-регулятора на основе алгоритмов искусственного интеллекта сформулируем **постановку задачи**: необходимо найти параметры типового регулятора (1-3), которые обеспечивают экстремум целевой функции (критерия качества), используя интеллектуальные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации [8-10].

Критерий качества, в свою очередь, обеспечивает достижение желаемых требований за счёт, например, минимизации интеграла от ошибки рассогласования. Критерий качества выбирается в соответствии с требованиями технологического процесса [11].

Также, при постановке задачи, необходимо учитывать следующие ограничения:

- 1) Параметры регулятора, как решения оптимизационной задачи, должны быть положительны.
- 2) Время моделирования и, соответственно, диапазон интегрирования, ограничены временем моделирования технологического процесса.

В качестве интеллектуальных алгоритмов используются алгоритмы глобальной поисковой оптимизации, обеспечивающие решение поставленной задачи на основе методов искусственного интеллекта. Различают траекторные и популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации [4,5].

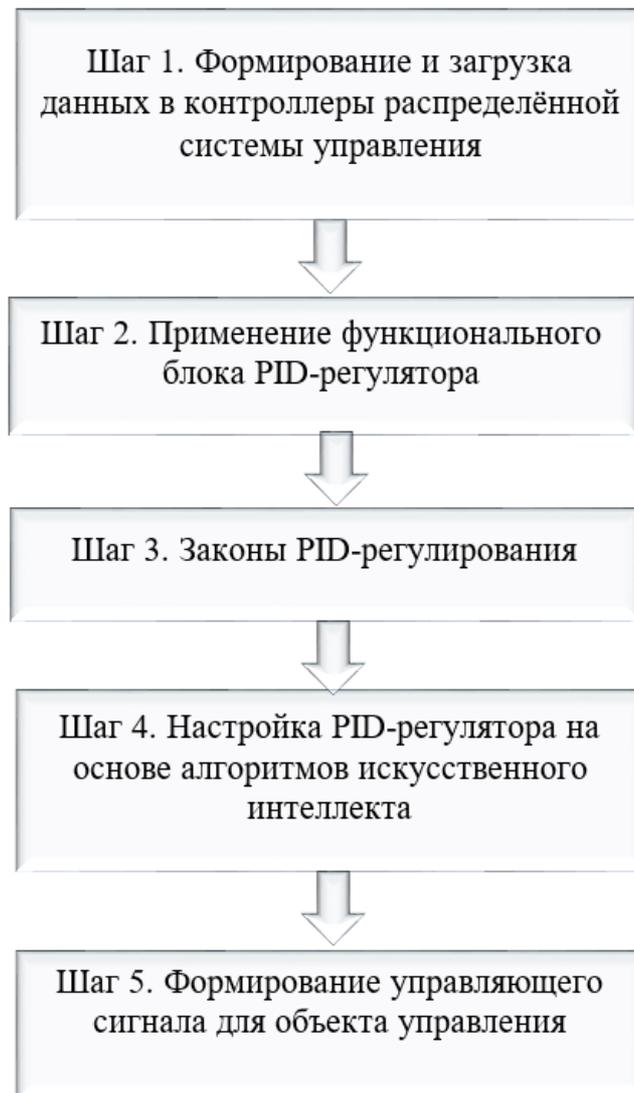


Рис. 3. Алгоритм интеллектуализации синтеза регулятора

Траекторные (классические) алгоритмы (single-state algorithms) предполагают обновление на каждой итерации положения лишь одного кандидата в решение задачи. При этом общее число кандидатов может быть большим единицы, и на разных итерациях могут перемещаться разные кандидаты.

В популяционных алгоритмах (population-based algorithms), во-первых, число кандидатов (особей) больше единицы, а, во-вторых, на каждой из итераций перемещаются либо все особи, исключая, возможно, лишь некоторые из них, либо, по меньшей мере, некоторое число особей, превышающее единицу [4].

В различных работах популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации (П-алгоритмы) называют поведенческими, интеллектуальными, метаэвристическими, вдохновленными (инспирированными) природой, роевыми, многоагентными и т.д. На основе анализа данных работ, введём в рассмотрение классификацию популяционных алгоритмов (рисунок 4) [4].

Использование популяционных алгоритмов для решения задач оптимизации показало высокую эффективность при решении вопросов оптимального управления и синтеза оптимальных типовых регуляторов в теории автоматического управления. Также, в настоящее время, развиваются подходы модификации данных алгоритмов на основе их комбинации [11].

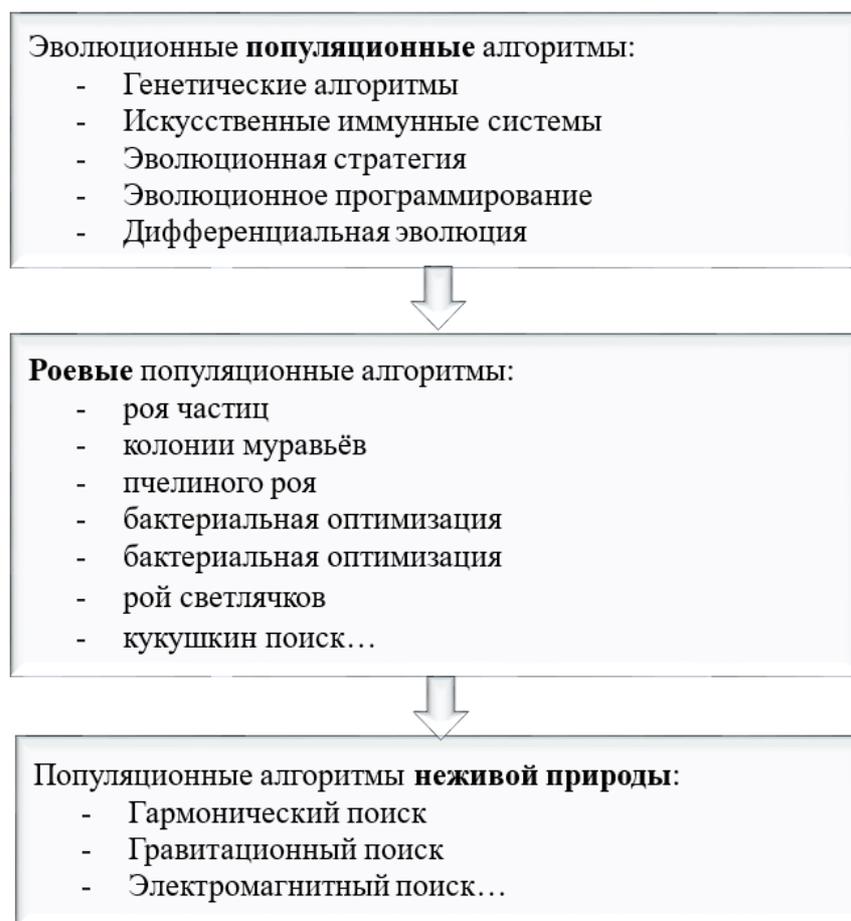


Рис. 4. Классификация популяционных алгоритмов

В качестве примера интеллектуализации процесса настройки типового регулятора (1) приведём **постановку задачи**: для модели объекта управления (рисунок 1), необходимо синтезировать PID-регулятор (1) на основе эволюционного популяционного алгоритма, который минимизирует квадратичную интегральную оценку качества [11]:

$$ISE = \int_{t=0}^{\infty} E^2(t)dt, \rightarrow \min. \quad (4)$$

В соответствии с системным требованиям к PID-регуляторам, сформулируем ограничения для значений критерия (4):

$$K_p > 0, \quad T_I > 0, \quad T_D > 0. \quad (5)$$

В рамках решения поставленной задачи для критерия качества (4) с ограничениями (5) реализуем шаги эволюционного популяционного алгоритма (рисунок 5), для которого необходимо сформировать множество начальных значений параметров типового регулятора (шаг 1).

Последующие шаги различны, в зависимости от применяемых алгоритмов или их модификаций: генетический, алгоритм клональной селекции интеллектуальных иммунных систем и т.д. В основе их лежат процедуры селекции, мутации и обучения. В результате их применения осуществляется поиск локальных минимумов (шаг 2) и глобального минимума (шаг 3).

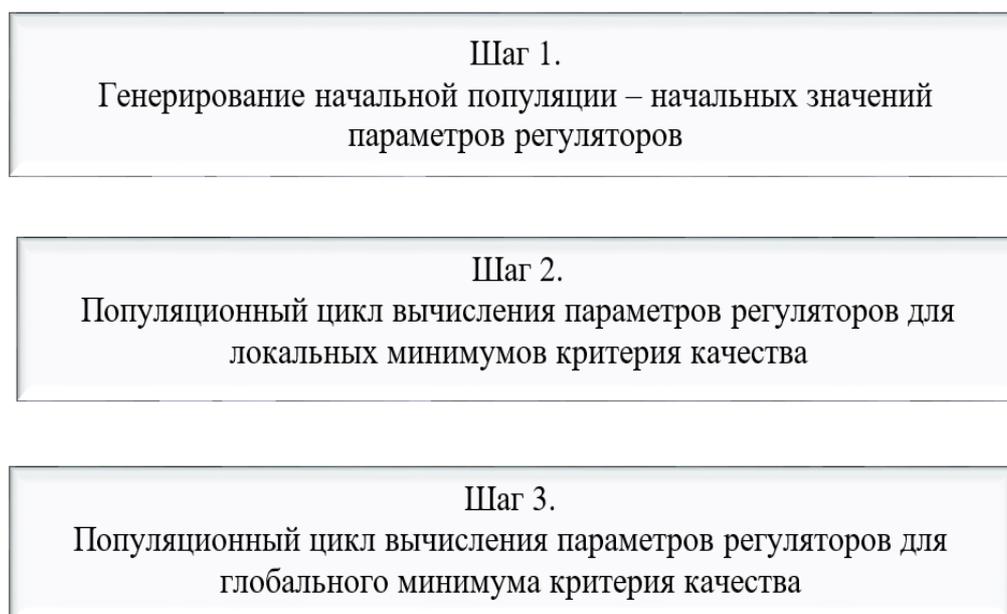


Рис. 5. Шаги эволюционного популяционного алгоритма

В соответствии с шагами эволюционного популяционного алгоритма, можно получить параметры регулятора (1), поиск которых осуществляется на основе интеллектуальных технологий. Это обуславливает решение задачи применения современной микропроцессорной техники для интеллектуализации промышленного производства на основе рассмотрения конкретных процессов нефтегазовой отрасли Республики Казахстан.

**Заключение.** В результате проделанной работы получены результаты применения современной микропроцессорной техники в нефтегазовой отрасли Республики Казахстан для интеллектуализации промышленного производства. В частности, рассмотрено конкретное микропроцессорное оборудование с распределённой системой управления, в состав которой входит пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор. Сформулирована задача интеллектуализации на основе применения алгоритмов глобальной поисковой оптимизации для настройки параметров регулятора.

Данное исследование было профинансировано Комитетом Науки Министерства Образования и Науки Республики Казахстан (грант № AP09258508).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бобиков А.И. Настройка весовых матриц ЗСУР регулятора с помощью биоинспирированных алгоритмов оптимизации // Вестник РГРТУ. – 2016. – №55. – С. 77-83.
- [2] Slavov T., Roeva O. Application of Genetic Algorithm to Tuning a PID Controller for Glucose Concentration Control // WSEAS Transactions on Systems. – 2012. – Issue 7. – Volume 11. – P. 223-233.
- [3] Требухин А.В. Методы решения оптимизационных задач с использованием биоинспирированных алгоритмов // – ДГТУ: Молодой исследователь Дона. – № 6 (9). – 2017. – С. 108-111.
- [4] Karpenko A.P. Sovremennye algoritmy poiskovoj optimizatsii: a textbook. – M.: Bauman MSTU, 2014. – 446 p.
- [5] Xing B., Gao W. Innovative computational intelligence: A rough guide to 134 clever algorithms. – Cham: Springer, 2014. – 451 p.
- [6] Minian F, Sabouhi H., Hushmand J., Hallaj A., Khaledi H., Mohammadpour M. Gas turbine preventive maintenance optimization using genetic algorithm // International Journal of System Assurance Engineering and Management. – Springer, 2016. – Vol.8. – P. 594-601.

- [7] Пошаговый самоучитель CENTUM VP // Информация с сайта: [https://www.maxplant.ru/article/centum\\_tutorial\\_content.php](https://www.maxplant.ru/article/centum_tutorial_content.php) (дата обращения 13 июня 2021г.)
- [8] Arain B.A., Shaikh M.F., Harijan B.L., Memon T.D., Kalwar I.H. Design of PID Controller Based on PSO Algorithm and Its FPGA Synthesization // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2018. – Vol. 8. – Issue 2.
- [9] Saleh M., Saad S. Artificial Immune System based PID Tuning for DC Servo Speed Control // International Journal of Computer Applications. – 2016. – Vol. 155. – No 2. – P.23-26.
- [10] Sahraoui M., Salem M. Application of artificial immune algorithm-based optimisation in tuning a PID controller for nonlinear systems // International Journal of Automation and Control. – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – P. 186-200.
- [11] Ширяева О.И., Самигулин Т.И. Разработка SMART-системы управления сложным объектом нефтегазовой отрасли с использованием процедуры развязывания // Вестник КазНУ. – 2017. – №5. – С. 50-55.

#### REFERENCES

- [1] Bobikov A.I. Nastrojka vesovyh matric ZSUR reguljatora s pomoshh'ju bioinspirirovannyh algoritmov optimizacii // Vestnik RGRTU. – 2016. – №55. – S. 77-83.
- [2] Slavov T., Roeva O. Application of Genetic Algorithm to Tuning a PID Controller for Glucose Concentration Control // WSEAS Transactions on Systems. – 2012. – Issue 7. – Volume 11. – P. 223-233.
- [3] Trebuhin A.V. Metody reshenija optimizacionnyh zadach s ispol'zovaniem bioinspirirovannyh algoritmov // – DGTU: Molodoj issledovatel' Dona. – № 6 (9). – 2017. – С. 108-111.
- [4] Karpenko A.P. Sovremennye algoritmy poiskovoj optimizatsii: a textbook. – M.: Bauman MSTU, 2014. – 446 p.
- [5] Xing B., Gao W. Innovative computational intelligence: A rough guide to 134 clever algorithms. – Cham: Springer, 2014. – 451 p.
- [6] Minian F, Sabouhi H., Hushmand J., Hallaj A., Khaledi H., Mohammadpour M. Gas turbine preventive maintenance optimization using genetic algorithm // International Journal of System Assurance Engineering and Management. – Springer, 2016. – Vol.8. – P. 594-601.
- [7] Poshagovyj samouchitel' CENTUM VP // Informacija s sajta: [https://www.maxplant.ru/article/centum\\_tutorial\\_content.php](https://www.maxplant.ru/article/centum_tutorial_content.php) (data obrashhenija 13 ijunja 2021g.)
- [8] Arain B.A., Shaikh M.F., Harijan B.L., Memon T.D., Kalwar I.H. Design of PID Controller Based on PSO Algorithm and Its FPGA Synthesization // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2018. – Vol. 8. – Issue 2.
- [9] Saleh M., Saad S. Artificial Immune System based PID Tuning for DC Servo Speed Control // International Journal of Computer Applications. – 2016. – Vol. 155. – No 2. – P.23-26.
- [10] Sahraoui M., Salem M. Application of artificial immune algorithm-based optimisation in tuning a PID controller for nonlinear systems // International Journal of Automation and Control. – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – P. 186-200.
- [11] Shirjaeva O.I., Samigulin T.I. Razrabotka SMART-sistemy upravlenija slozhnym ob#ektom neftegazovoj otrasli s ispol'zovaniem procedury razvjazyvanija // Vestnik KazNITU. – 2017. – №5. – S. 50-55.

**О.И. Ширяева, Н.С. Сарсенбаев**

ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты,  
Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан  
\*e-mail: oshiryayeva@gmail.com

#### **ӨНЕРКӘСІПТІК ӨНДІРІСТІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДАНДЫРУ ҮШІН ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МҰНАЙ-ГАЗ САЛАСЫНДА ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ТЕХНИКАНЫ ҚОЛДАНУ**

**Андатпа.** Мақалада заманауи Микропроцессорлық техниканы қолдана отырып, типтік реттегіштерді синтездеу мәселелерін шешуді қамтамасыз ететін зияткерлік оңтайландыру алгоритмдері негізінде Қазақстан Республикасының мұнай-газ саласының өнеркәсіптік өндірісін зияткерлендірудің қалыптасқан әдістемесі ұсынылған. Мысал ретінде Yokogawa компаниясының CENTUM VP таратылған басқару жүйесі қолданылды. Интеллектуализация процедурасын тұжырымдау үшін ғаламдық іздеу жүйесін оңтайландырудың ақылды алгоритмдерін қолдана отырып, ҚазҰТЗУ хабаршысы №6 2021

мақсатты функцияның экстремумын (сапа өлшемі) қамтамасыз ететін типтік реттеушінің параметрлерін табу міндеті тұр. Атап айтқанда, таңдалған квадраттық интегралдық сапаны бағалауды азайтатын эволюциялық популяция алгоритміне негізделген пропорционалды интегралды дифференциалды реттегішті синтездеу қажеттілігі. Ақылды Алгоритмдер ретінде жасанды интеллект әдістеріне негізделген мәселені шешуді қамтамасыз ететін ғаламдық іздеу жүйесін оңтайландыру алгоритмдерін қолдану ұсынылады.

**Негізгі сөздер:** PID-реттеуші, зияткерлік жүйе, мұнай-газ саласы, Микропроцессорлық техника, өнеркәсіптік өндіріс.

**O.I. Shirayeva, N.S. Sarsenbayev**

Institute of Information and Telecommunication Technologies MES RK,

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: oshirayeva@gmail.com

### **APPLICATION OF MODERN MICROPROCESSOR TECHNOLOGY IN THE OIL AND GAS INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN FOR THE INTELLECTUALIZATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION**

**Abstract.** The article presents the developed methodology of intellectualization of industrial production of the oil and gas industry of the Republic of Kazakhstan on the basis of intelligent optimization algorithms, which provides a solution to the problems of synthesis of standard regulators using modern microprocessor technology. As an example, the distributed control system CENTUM VP from Yokogawa is used. To formulate the intellectualization procedure, the task is to find the parameters of a typical controller that provide the extremum of the objective function (quality criterion), using intelligent algorithms of global search optimization. In particular, the need to synthesize a proportional-integral-differential regulator based on an evolutionary population algorithm that minimizes the selected quadratic integral quality score. As intelligent algorithms, it is also proposed to use global search engine optimization algorithms that provide a solution to the problem based on artificial intelligence methods.

**Keywords:** PID-controller, intelligent system, oil and gas industry, microprocessor technology, industrial production