

**ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
 ГИБКИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ УЧАСТКОМ**

Дж. Ф. МАМЕДОВ*, З. М. МУРАДЛЫ, М. С. САЛМАНОВ

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан
**cavan62@mail.ru*

Аннотация. На основе анализа традиционных этапов автоматизированного проектирования, особенно этапов эскизного и рабочего проектирования, определены основные проблемы, приводящие к недостаточно корректным инженерным, экспериментальным и программным решениям при разработке автоматизированной системы управления и контроля гибких производственных участков (ГПУ) в области машиностроения. На основе исходных данных технического задания процесса автоматизированного проектирования, его современного инструментария, а также требований и задач этапов проектирования предлагается структурная схема автоматизированного проектирования системы управления ГПУ с детальным представлением этих этапов. Согласно компоновочной схеме объекта исследования ГПУ резки и отжига в производстве алюминиевых испарителей для бытовых холодильников определены типы, функции информационно-измерительных средств и их позиционирование на активных элементах производственного участка. Для описания исходных данных позиционирования и геометрических данных датчиков, элементов контроля системы управления ГПУ в виде логических связей заданы координаты, а также математические условия позиционирования датчиков в трехмерной системе координат. Определяются характеристики функций информационно-измерительной и управляющей системы исследуемой ГПУ, их координаты в зависимости от расчетного и экспериментального положения активных элементов, маршрутов изготовления производственного изделия и схемы автоматизации. В трехмерной системе координат позиционирования информационно-измерительных элементов с учетом рабочих зон активных элементов ГПУ, сформированных в виде параллелепипедов и цилиндров, где некоторые рабочие зоны пересекаются, определены геометрические формы обобщенных рабочих зон всех активных элементов.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, система управления, гибкий производственный участок, эскизный и рабочий проекты, интерфейс программы

Ссылка для цитирования: Мамедов Дж. Ф., Мурадлы З. М., Салманов М. С. Инструментарий для эскизного проектирования на этапах разработки системы управления гибким производственным участком // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № 2. С. 153—161. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-2-153-161.

**TOOLKIT FOR PRELIMINARY DESIGN AT THE STAGES OF DEVELOPING A CONTROL SYSTEM
FOR A FLEXIBLE PRODUCTION AREA**

J. F. Mammadov*, Z. M. Muradli, M. S. Salmanov

Sumgait State University, Sumgait, Republic of Azerbaijan
**cavan62@mail.ru*

Abstract. Based on analysis of the traditional stages of computer-aided design (CAD), especially at the stages of preliminary and detailed design, the main problems leading to insufficiently accurate engineering, experimental and software results in the development of an automated control and monitoring system for flexible production area (FPA) in the field of mechanical engineering are identified. Based on the initial data of the terms of reference for the computer-aided design process, its modern tools, as well as the requirements and tasks, standards for the design stages, especially the stages of preliminary and working design, a block diagram of the computer-aided design of the FPA control system with a

detailed presentation of these stages is proposed. According to the layout diagram of the object of study of FPA for cutting and annealing in the production of aluminum evaporators for domestic refrigerators, the types, functions and positioning of information and measuring tools on the active elements of the production site are determined. To describe the initial positioning data and geometric data of sensors, control elements of the FPA control system in the form of logical links, descriptive products, coordinates, and expressions in the form of mathematical conditions for positioning sensors in a 3-dimensional coordinate system are given. The characteristics of the functions of the information-measuring and control system of the studied FPA are determined, their coordinates are determined depending on the measurement and implementation of the positions of the active elements, the routes for manufacturing the production product and the automation scheme.

Keywords: design automation, control system, flexible production area, draft and working design, program interface

For citation: Mammadov J. F., Muradli Z. M., Salmanov M. S. Toolkit for preliminary design at the stages of developing a control system for a flexible production area. *Journal of Instrument Engineering*. 2024. Vol. 67, N 2. P. 153—161 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-2-153-161.

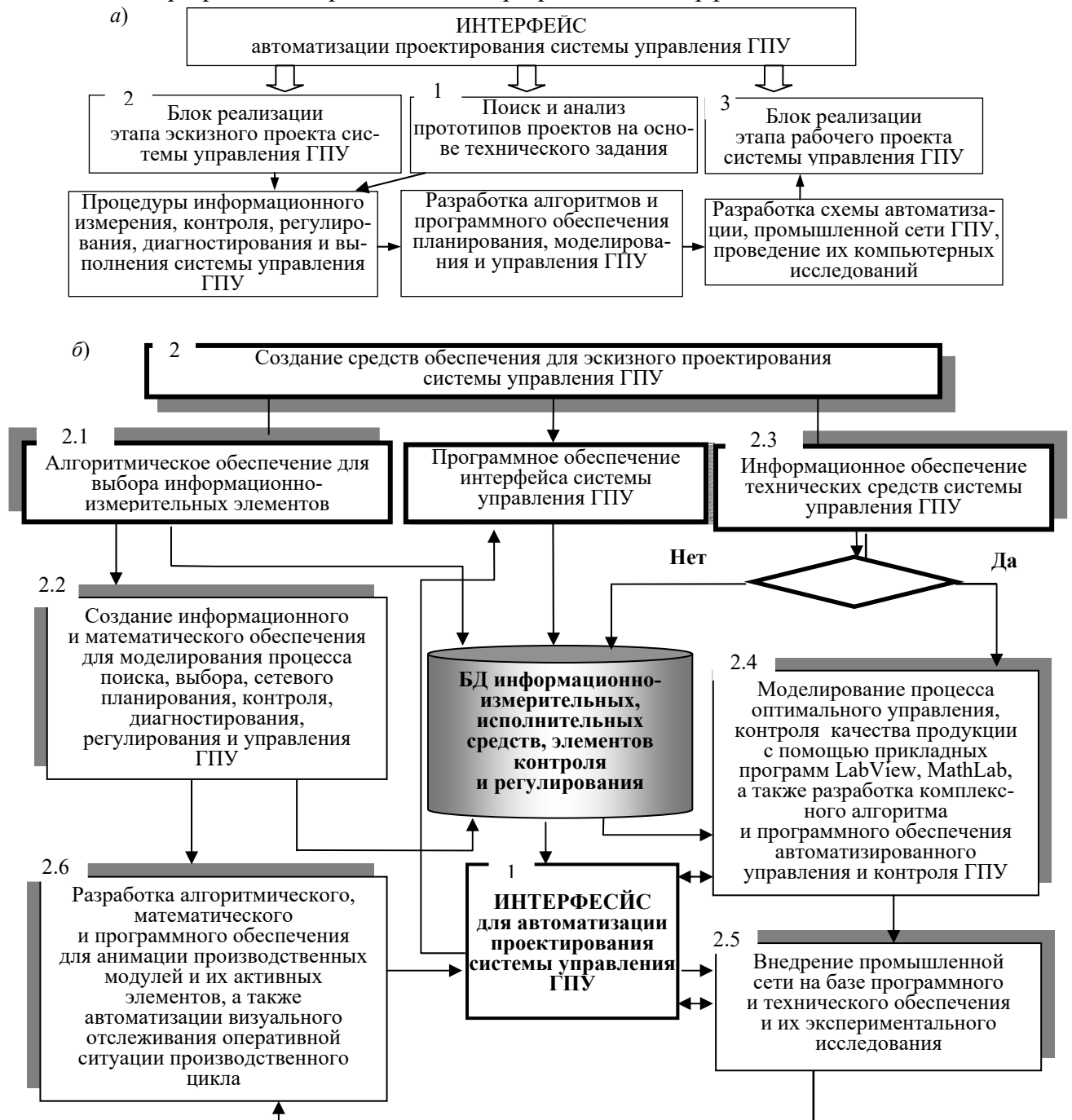
Как известно, выбор отдельных научно-исследовательских, инженерно-ориентированных технических предложений, разработка новых эскизных и рабочих проектов по автоматизации и управлению технологическими операциями гибких производственных участков (ГПУ), их монтажу и согласованию основного оборудования, автоматических логистических линий между производственными модулями — наиболее важные задачи автоматизированного проектирования системы управления и контроля ГПУ в целом [1, 2]. Поскольку ГПУ в области машиностроения является сложной технической системой и управление ее технологическими функциями требует масштабного технологического анализа, автоматического измерения, контроля, регулирования и т.д., необходимо исследовать этапы автоматизированного проектирования (АП) системы управления ГПУ и построить его автоматизированную схему.

Анализ традиционных этапов АП гибких производственных систем и их участков [3, 4] показывает, что творческая деятельность в большей степени наблюдается на стадиях эскизного и рабочего проектирования, поскольку за счет сбора экспертных знаний и их систематизации на стадиях автоматизации процесса проектирования системы управления ГПУ — особенно при создании схемы автоматизации, графической визуализации контроля технологической схемы производства, маршрутизации промышленной сети — можно достичь наилучших результатов. На этапах эскизного проектирования промышленных роботов, манипуляторов и оборудования, в условиях цифрового производства и перехода к интеллектуальным гибким производственным системам, особое место уделяется вопросам разработки программного инструментария для систем управления [2, 5]. Представляется целесообразным применение алгоритмического и программного обеспечения [2, 3] для оптимального управления гибкими производственными системами при определении основных проектных задач моделирования, формирования полноценной базы знаний информационного обеспечения эскизного и рабочего этапов автоматизированного проектирования ГПУ [2].

Эскизный и рабочий проекты системы управления ГПУ с отработкой, оценкой их эффективности исходя из конструктивных размеров активных элементов и ее производственных площадей, позиций их размещения, типов технологического оборудования и логистических линий, контроль качества выпускаемой продукции и определение требований зависят от гибкости программы управления, комплексной автоматизации технологического процесса и подготовки проектной документации [5, 6].

В соответствии с техническим заданием процесса автоматизированного проектирования, установленными требованиями и задачами, нормативами этапов проектирования (особенно эскизного и рабочего) предлагается структурная схема автоматизированного проектирования системы управления ГПУ (рис. 1). Автоматизация процессов эскизного и рабочего проектирования системы управления ГПУ выполняется на основе технического, программного, информационного, математического, лингвистического, организационного и методического обеспечения САПР [7—9].

Первоначально определим функции централизованного интерфейса автоматизации процесса проектирования системы управления исследуемой ГПУ. В функциях управления ГПУ поэтапно решаются исходные проектные задачи с учетом выбора информационно-измерительного, регулируемого, исполнительного, контролируемого и диагностического элементов. На рис. 1 проиллюстрировано блочное представление этапов эскизного и рабочего проектирования, обеспечивающих автоматизацию проектных операций системы управления ГПУ (на примере производственного участка резки и отжига алюминиевых испарителей). На основе программного интерфейса с введением технического задания проекта поэтапно реализуются процедуры эскизного проектирования и операции этапа рабочего проектирования. Таким образом, этапы проектирования системы управления ГПУ — эскизные и рабочие проектные процедуры и их операции — рассматриваются как основные подпрограммы централизованного программного интерфейса.



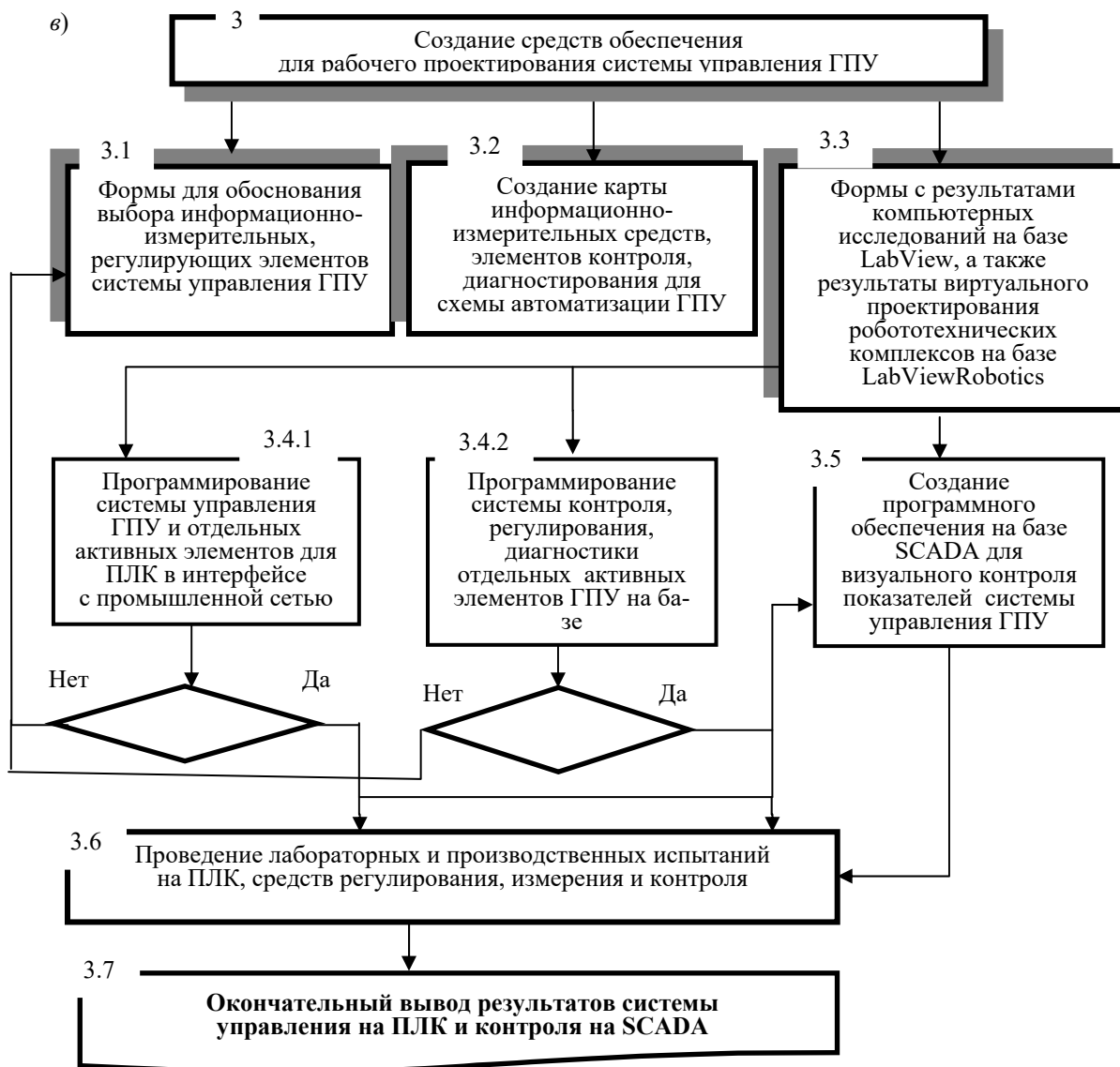


Рис. 1

После активизации интерфейса в техническое задание проекта вводятся область применения ГПУ, структурная схема исследуемого производства, уровни автоматизированной системы управления, технические данные активных элементов ГПУ, производственные модули, их рабочие зоны и т.д. Согласно компоновочной схеме объекта исследования ГПУ резки и отжига алюминиевых испарителей (рис. 2), его активных элементов — станка раскрытия алюминиевого рулона (СРАР), гильотинных станков (ГС1 и ГС2), подвешенного краноманипулятора (ПКМ), промышленного робота (ПР), автоматической транспортной системы (АТС), печи отжига (ПО) — определяются информационно-измерительные элементы (ИИЭ) и их позиции [10].

Исходные данные позиционирования и геометрические данные датчиков, элементов контроля системы управления (СТЗ) ГПУ задаются следующим образом.

1. Параметры рабочих зон активных элементов ГПУ:

1.1 длина $U_i = z[s_u, x_i]$; ширина $E_i = z[s_e, x_i]$; высота $H_i = z[s_h, x_i]$,

где U_i , E_i , H_i — геометрические показатели активных элементов; x_i — тип активного элемента.

2. Параметры позиционирования активного элемента x_i :

2.1 по оси $X_{x,i} = z[s_x, x_i]$; вдоль оси $Y_{y,i} = z[s_y, x_i]$;

2.2 по оси $Z_{z,i} = z[s_z, x_i]$; угол $\alpha_i = z[s_\alpha, x_i]$.

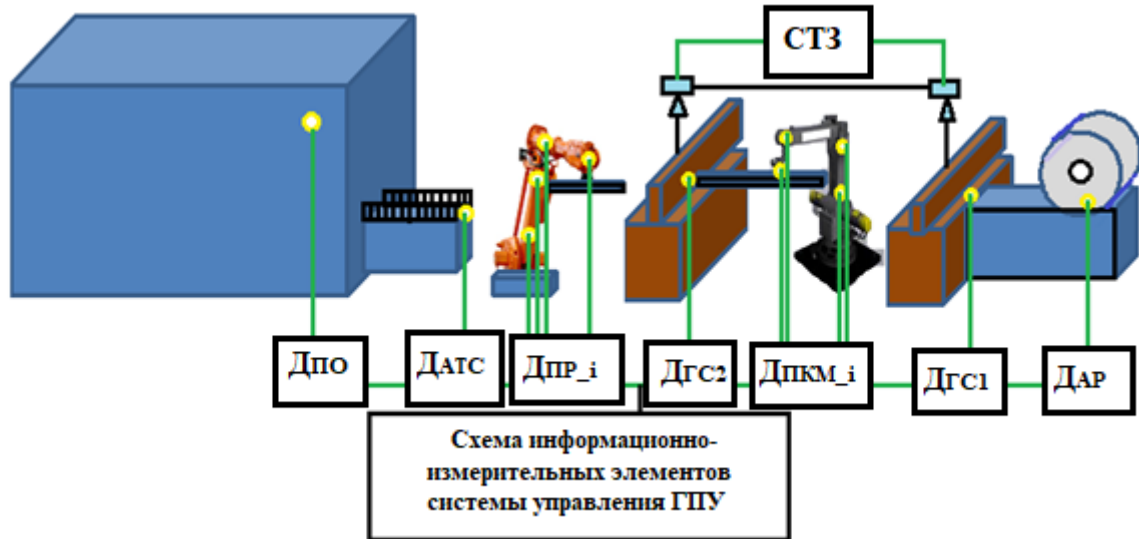


Рис. 2

Согласно рис 2, для определения параметров позиционирования датчиков, устройств контроля и управления по компоновочной структуре ГПУ их можно представить в виде позиций датчиков ДАР, ДГС1, ДГС2, ДПКМ_і, ДПР_і, ДатС, ДПО и системы технического зрения (СТЗ) для контроля размеров и качества алюминиевых листов. В этом случае набор позиций аппроксимируется соответствующими активными элементами в виде гильотинных станков и печи отжига с геометрической формой параллелепипеда P_i^x , совместной рабочей зоны цилиндра S_i^x и параллелепипеда P_i^x для подвешенного крана-манипулятора и промышленного робота, станка для раскрытия рулона. Учитывая множество форм параллелепипеда P_i^x и рабочих зон цилиндра S_i^x , можно записать следующие логические отношения.

— Для рабочих зон гильотинных станков, автоматического транспортера и печи отжига в виде прямоугольного параллелепипеда

$$P_i^x = \{x_i, y_i, z_i\}, \text{ if } \begin{cases} x_i - \frac{1}{2U_i} \leq x_i \leq x_i + \frac{1}{2U_i}; \\ y_i - \frac{1}{2E_i} \leq y_i \leq y_i + \frac{1}{2E_i}; \\ z_i - \frac{1}{2H_i} \leq z_i \leq z_i + \frac{1}{2H_i}. \end{cases} \quad (1)$$

— Рабочие зоны подвешенного крана-манипулятора, промышленного робота, станка для раскрытия алюминиевого рулона с прямоугольным параллелепипедом и цилиндрическими рабочими зонами

$$P_i^x = \{x_i, y_i, z_i, \alpha_i\}, \text{ if } \begin{cases} x_i - \frac{1}{2U_i} \leq x_i \leq x_i + \frac{1}{2U_i}; \\ y_i - \frac{1}{2E_i} \leq y_i \leq y_i + \frac{1}{2E_i}; \\ z_i - \frac{1}{2H_i} \leq z_i \leq z_i + \frac{1}{2H_i}; \\ \alpha_i - \frac{1}{4} ALFA_i \leq \alpha_i \leq \alpha_i + \frac{1}{4} ALFA_i. \end{cases} \quad (2)$$

В соответствии с геометрическими формами рабочих зон активных элементов ГПУ (рис. 3, а — схема позиционирования по прямоугольным траекториям ПКМ; б — по ци-

цилиндрической траектории ПР) M_i определяется как совокупность точек позиционирования средств технологического измерения, контроля и диагностики.

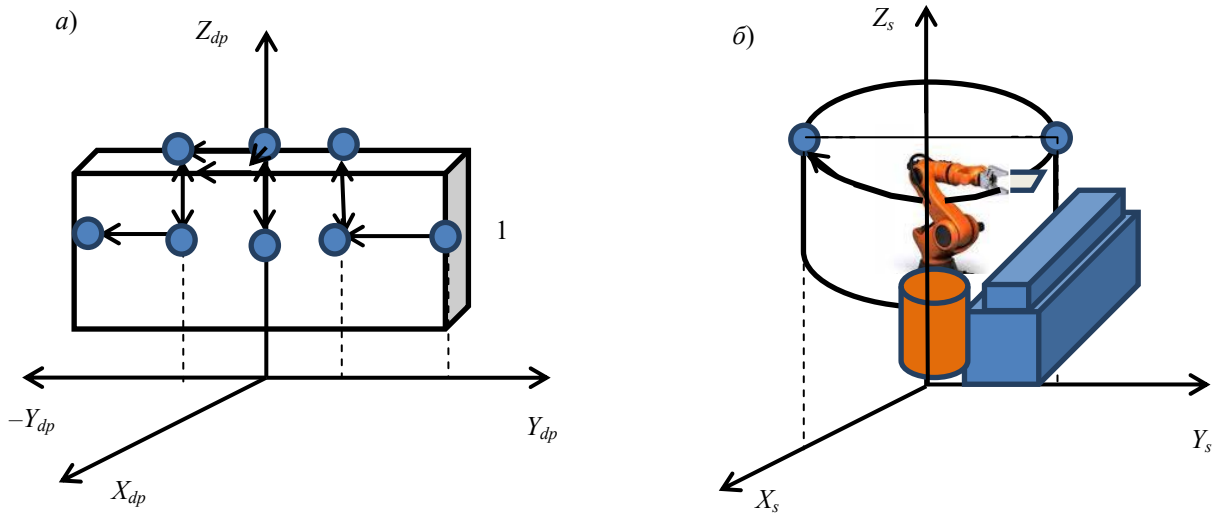


Рис. 3

Прямоугольные параллелепипеды формируются на основе рабочих траекторий ПКМ, ПР, ГМ1 и ГМ2, алюминиевого рулона (АР), АТ и ПО. В этом случае геометрическая форма прямоугольного параллелепипеда позиционирования для каждого активного элемента ГПУ определяется как множество позиций вершин:

$$P_i = \{X_i, Y_i, Z_i, \alpha_i\}, \text{ if } \begin{cases} X_{dp} - \Delta X_{dp} \leq X_{dp} \leq X_{dp} + \Delta X_{dp}; \\ Y_{dp} - 4\Delta Y_{dp} \leq Y_{dp} \leq Y_{dp} + 4\Delta Y_{dp}; \\ Z_{dp} - 6\Delta Z_{dp} \leq Z_{dp} \leq Z_{dp} + 6\Delta Z_{dp}, \end{cases} \quad (3)$$

где ΔX_{dp} , ΔY_{dp} , ΔZ_{dp} — перемещения по осям X , Y и Z .

Цилиндрическая рабочая зона формируется на основе рабочих траекторий ПКМ и ПР. В этом случае выражение записывается в виде:

$$S_i = \{X_\alpha, Y_\alpha, Z_\alpha, \alpha_i\}, \text{ if } \begin{cases} X_\alpha - \frac{\pi}{2} \leq X_\alpha \leq X_\alpha + \frac{\pi}{2}; \\ Y_\alpha - \frac{\pi}{2} \leq Y_\alpha \leq Y_\alpha + \frac{\pi}{2}; \\ Z_h - \Delta Z_h \leq Z_h \leq Z_h + X_h. \end{cases} \quad (4)$$

Для определения пространственных точек угловых и направленных линейных перемещений ПР и ПКМ по оси Z используется следующая запись:

$$F_i = \{<X_{\alpha_i}, Y_{\alpha_i}, Z_{h_i}>\}, \quad (5)$$

где $\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi$, N_h , $i = 1, N_{h,i}$ (N — количество перемещений).

По этому принципу определяются координаты цилиндрических рабочих зон ПР и ПКМ. Также определяются характеристики информационно-измерительной и управляющей системы (ИИУС) исследуемой ГПУ:

- 1) их координаты в зависимости от положения активных элементов ГПУ;
- 2) маршрут производственного изделия (алюминиевого испарителя) в зависимости от ИИУС ГПУ;
- 3) схема автоматизации с беспроводной SCADA путем построения промышленной сети в зависимости от ИИУС ГПУ.

Учитывая, что в определенных случаях рабочие зоны активных элементов ГПУ, сформированные в виде параллелепипедов и цилиндров, пересекаются, рассмотрим особенности объединения активных элементов ГПУ с обобщенными рабочими зонами. В связи с этим задается геометрическая форма обобщенных рабочих зон всех активных элементов ГПУ и соответственно определяются их координаты. Таким образом, формируется совместная рабочая зона (рис. 4) в трехмерной системе координат позиционирования информационно-измерительных элементов АР, ГС1, ПКМ, ГС2, ПР, АТ и ПО.

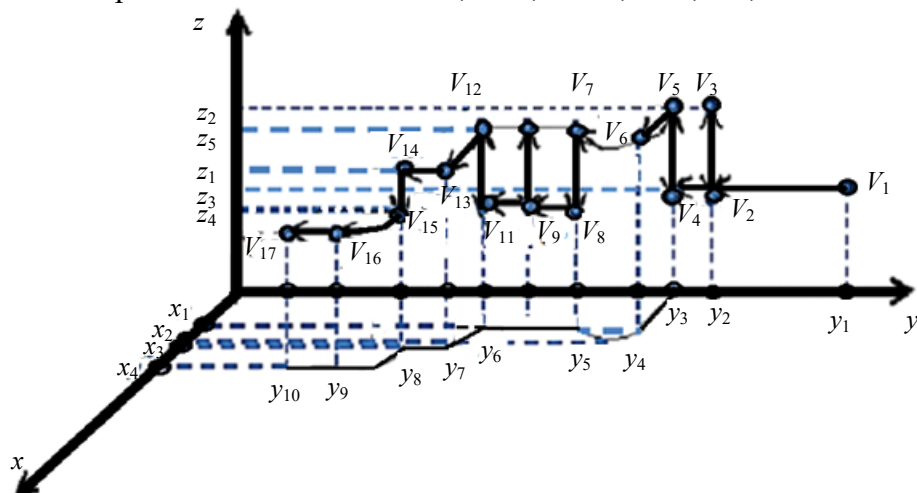


Рис. 4

Здесь на основе координат датчиков V_i активных элементов ГПУ определяются зоны их позиционирования Z_i и соответственно число сигналов, поступающих на вход программируемого логического контроллера (ПЛК), по следующему алгоритму:

Z_1 (АР и ГС1)=[$V_1(0, y_1, z_1)$; $V_2(0, y_2, z_1)$; $V_3(0, y_2, z_2)$; $V_2(0, y_2, z_1)$; $V_4(0, y_3, z_1)$] → „раскрытие АР на станке (S_{11}); фиксирование рулонного листа на месте позиционирования ГС1 (S_{12}); движение вниз гильотины ГС1 и резка алюминиевого листа (S_{13}); движение гильотины вверх ГС1 (S_{14}); позиционирование готового алюминиевого листа, вырезанного в ГС1 (S_{15})“.

Представим условие в следующей форме:

$$s_i = \begin{cases} 1, & \text{если выполнена технологическая операция;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (6)$$

тогда в рабочей зоне АР и ГС1 число измерений технологических операций составит

$$N_{\text{АР, ГС1}_vi} = \sum_i^5 s_{1i} = 5.$$

Этот принцип применяется при измерении технологических операций для всех рабочих зон активных элементов ГПУ.

Для первой рабочей зоны информационного взаимодействия ГС1, ПКМ, обслуживающего станок раскрытия алюминиевого рулона и ГС1, с помощью предикатов позиционирования датчиков (V_i) в трехмерной системе координат представим:

Z_2 (ГС1 и ПКМ и ГС2)=[$V_5(0, y_3, z_2)$; $V_4(0, y_3, z_1)$; $\neg V_5(0, y_3, z_1)$; $V_5(x_1, 0, z_1)$; $V_6(0, y_4, z_5)$; $V_7(0, y_4, z_3)$; $V_8(0, y_5, z_3)$; $V_9(0, y_5, z_3)$] → „движение подвешенного крана-манипулятора вниз (S_{21}); захват отрезанного алюминиевого листа, расположенного на ГС1, с помощью захватного устройства ПКМ (S_{22}); прямолинейное движение вверх ПКМ (S_{23}); прямолинейное движение ПКМ вперед параллельно оси абсцисс (S_{24}); угловое перемещение ПКМ на 90° (S_{25}); прямолинейное движение ПКМ вниз (S_{26}); прямолинейное движение ПКМ (S_{27}); позиционирование алюминиевого листа на ГС2 (S_{28})“.

Количество технологических операции в рабочей зоне ПКМ и ГС2 будет определено в

$$\text{виде } N_{\text{ГС1, ПКМ, ГС2_vi}} = \sum_i^8 s_{2i} = 8.$$

Рабочую зону информационного взаимодействия гильотинного станка (ГС2), промышленного робота (ПР), обслуживающего ГС2 и автоматическую транспортную систему (АТС) печи отжига (ПО), можно описать с помощью предикатов позиций датчиков (V_{1i}) в трехмерной системе координат:

$Z_3(\text{ГС2} \ \& \ \text{ПР} \ \& \ \text{ПО}) = [V_{10}(0, y_5, z_5); V_{11}(0, y_5, z_3); V_{11}(0, y_6, z_5); V_{11}(0, y_6, z_3); V_{12}(0, y_6, z_5); V_{12}(x_2, 0, z_1); V_{13}(0, y_7, z_1); V_{14}(0, y_8, z_3); V_{15}(0, y_8, z_3); V_{16}(x_3, 0, z_3); V_{17}(x_4, y_9, z_3); V_{16}(x_4, y_{10}, z_3)] \rightarrow$ „прямолинейное движение ПКМ вниз на позицию рабочей зоны ГС2 (p_{31}); резка алюминиевого листа с помощью гильотины ГС2 (p_{32}); позиционирование отрезанного алюминиевого листа в ГС2 (p_{33}); прямолинейное движение ПР вниз (p_{34}); захват алюминиевого листа, расположенного на ГС2 с помощью захватного устройства ПР (p_{35}); прямолинейное движение руки ПР (p_{36}); прямолинейное линейное движение руки ПР вперед (p_{37}); прямолинейное движение руки ПР (p_{38}); прямолинейное движение руки ПР вниз (p_{39}); угловое перемещение руки ПР на 90° (p_{310}); прямолинейное движение руки ПР (p_{311}); размещение и позиционирование прямоугольного алюминиевого листа на автоматическом конвейере печи отжига с помощью захватного устройства ПР (p_{312})“.

Число технологических операций в рабочей зоне ПКМ, ГС2, АТС и ПО определяется как $N_{\text{ГС1, ПКМ, ГС2_vi}} = \sum_i^{12} s_{3i} = 12$.

Для определения общих параметров входных-выходных связей данных измерения по технологическим операциям активных элементов исследуемой ГПУ необходимо использовать следующее выражение:

$$N = \sum_{i=1}^6 M_{ij} + \sum_{j=1}^6 M_{ij}. \quad (7)$$

Детальное представление структурной схемы автоматизированного проектирования системы управления ГПУ позволяет наиболее эффективно решать проектные задачи. Полученные алгоритмическое обеспечение и графическое представление схемы позиционирования информационно-измерительных элементов системы управления и контроля ГПУ позволяют более эффективно построить схему автоматизации, особенно на уровне информационно-измерительного обеспечения системы управления производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hunde B. R., Woldeyohannes A. D.* Future prospects of computer-aided design – A review from the perspective of artificial intelligence, extended reality, and 3D printing // *Results in Engineering*. 2022. Vol. 14, N 3. P. 456—462.
2. *Gembariski P. C.* Three ways of integrating computer-aided design and knowledge-based engineering // *Proc. of the Design Society: DESIGN Conf.* 2020, May. Vol. 1. P. 1255—1264.
3. *Talavage J.* Flexible Manufacturing Systems in Practice: Design: Analysis and Simulation. CRC Press, 1987. 272 p.
4. *Mammadov J. F., Abdullayev G. S., Aliyev İ. R., Safarova T. A.* Developing a flexible manufacture cell in the industrial park of the university and its modeling // *Intern. Russian Automation Conf. Sochi*, 8—14 September 2019. P. 22—27.
5. *Hashimov A. M., Guliyev H. B., Babayeva A. R.* Method and algorithm of control of shunt reactors of high-voltage power network in maintenance modes based on fuzzy logic theory // *6th Intern. Conf. on Modern Electric Power Systems (MEPS 2019)*. Wroclav, Poland, 9—12 September 2019.
6. *Wynn D. C., Clarkson P. J.* Process models in design and development // *Research in Engineering Design*. 2018. Vol. 29. P. 161—202.

7. Diaz C., Jenny L., and Ocampo-Martinez C. Optimal production planning for flexible manufacturing systems: an energy-based approach // *IFAC-PapersOnLine*. 2020. Vol. 53, N 2. P. 10461—10467.
8. Рагимов Ш. Р., Мамедов Дж. Ф. Экспериментальное исследование процесса управления активных элементов гибких производственных систем в условиях неопределенности // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20, № 2. С. 148—160.
9. Verma S., Sharma R., Deb S., Maitra D. Artificial intelligence in marketing: Systematic review and future research direction // *Intern. J. of Information Management Data Insights*. 2021. P. 1254—1273.
10. Huang Ch.-M., Kucinic A., Johnson J. A., Su H.-J., & Castro C. E. Integrated computer-aided engineering and design for DNA assemblies // *Nature materials*. 2021. N 20. P. 1264—1271.

Сведения об авторах

- Джаваншир Фирудин оглу Мамедов** — д-р техн. наук, профессор; Сумгаитский государственный университет, кафедра автоматизации и управления; заведующий кафедрой; E-mail: cavan62@mail.ru
- Зияда Махал кызы Мурадли** — докторант; Сумгаитский государственный университет, кафедра автоматизации и управления; E-mail: cavan62@mail.ru
- Матлаб Сулейман оглу Салманов** — Сумгаитский государственный университет, кафедра автоматизации и управления; старший преподаватель; E-mail: cavan62@mail.ru

Поступила в редакцию 03.06.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 17.12.2023.

REFERENCES

1. Hunde B.R., Woldeyohannes A.D. *Results in Engineering*, 2022, no. 3(14), pp. 456–462.
2. Gembarski P.C. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, 2020, vol. 1, pp. 1255–1264.
3. Talavage J. *Flexible Manufacturing Systems in Practice: Design: Analysis and Simulation*, CRC Press, 1987, 272 p.
4. Mammadov J.F., Abdullayev G.S., Aliyev I.R., Safarova T.A. *International Russian Automation Conference*, Sochi, Scopus, 8–14 September, 2019, p. 22–27.
5. Hashimov A.M., Guliyev H.B., Babayeva A.R. *6th International Conference on Modern Electric Power Systems (MEPS 2019)*, Wroclaw, Poland, 9–12 September 2019.
6. Wynn D.C., Clarkson P.J. *Research in Engineering Design*, 2018, vol. 29, pp. 161–202.
7. Diaz C., Jenny L., and Ocampo-Martinez C. *IFAC-PapersOnLine*, 2020, no. 2(53), pp. 10461–10467.
8. Ragimov Sh.R., Mamedov D.F. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2022, no. 2(20), pp. 148–160. (in Russ.)
9. Verma S., Sharma R., Deb S., Maitra D. *Journal of Information Management Data Insights*, 2021, pp. 1254–1273.
10. Huang Ch.-M., Kucinic A., Johnson J.A., Su H.-J., & Castro C.E. *Nature materials*, 2021, no. 20, pp. 1264–1271.

Data on authors

- Javanshir F. Mammadov** — Dr. Sci., Professor; Sumgait State University, Department of Automation and Control; Head of the Department; E-mail: cavan62@mail.ru
- Ziyada M. Muradli** — Doctoral Student; Sumgait State University, Department of Automation and Control; E-mail: cavan62@mail.ru
- Matlab S. Salmanov** — Sumgait State University, Department of Automation and Control; Senior Lecturer; E-mail: cavan62@mail.ru

Received 03.06.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 17.12.2023.