

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 681.5.015:919.711.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ ШТАМПОВКИ
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ШТУЧНЫХ ЗАГОТОВОК**

С.В. ЛУКЬЯНЕЦ, А.П. ПАШКЕВИЧ, А.В. ПАВЛОВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 19 апреля 2005*

Приводятся результаты исследования роботизированных однопрессовых и двухпрессовых участков штамповки деталей из штучных заготовок. Для двенадцати компоновочных схем таких участков разработаны алгоритмы их функционирования и программы имитационного моделирования на языке GPSS. На основе анализа компьютерного расчета даны рекомендации о применении конфигураций участков.

Ключевые слова: роботизированные участки штамповки, компоновочные схемы, имитационное моделирование, загрузка оборудования.

Введение

При исследовании участков штамповки использована методика, изложенная ранее в [1]. Она состоит из двух этапов. На первом в соответствии со схемой компоновки оборудования и логикой его функционирования осуществляется алгоритмизация участка в целом. Далее на основе принципа декомпозиции выделяются основные фазы этого алгоритма, оценивается продолжительность каждой из них и определяется суммарная длительность всего технологического процесса. С учетом этой величины находится ориентировочная производительность участка. На втором этапе составляется программа имитационного моделирования и выполняются расчеты на компьютере. Применительно к рассматриваемым роботизированным участкам предпочтительным средством моделирования является язык GPSS [2, 3], переживающий в настоящее время второе рождение. Он позволяет оценить степень загрузки оборудования, производительность и время производственного цикла, другие показатели. В результате его использования полученные на первом этапе исходные величины окончательно уточняются. На их основе даются рекомендации о целесообразности дальнейшего применения той или иной компоновочной схемы.

Компоновочные схемы и особенности функционирования

Компоновочные схемы участков штамповки деталей из штучных заготовок [4] сводятся к двум типам: однопрессовые (рис. 1) и двухпрессовые (рис. 2). Такая конфигурация участков штамповки исследована авторами по заданию НПО "Гранат" (г. Минск).

Однопрессовый участок содержит пресс PRESS, четырехпозиционное поворотное загрузочное устройство ZNU (одно — в компоновках *a, б*; два — в компоновках *в, г, д, е*), приемное устройство PRU (в компоновках *a, б*), промежуточный приемный стол PRS (один —

в компоновках *a*, *г*; два — в компоновке *в*), один или два манипулятора PRM. В двухпрессовых участках между прессами находится транспортный манипулятор TRM.

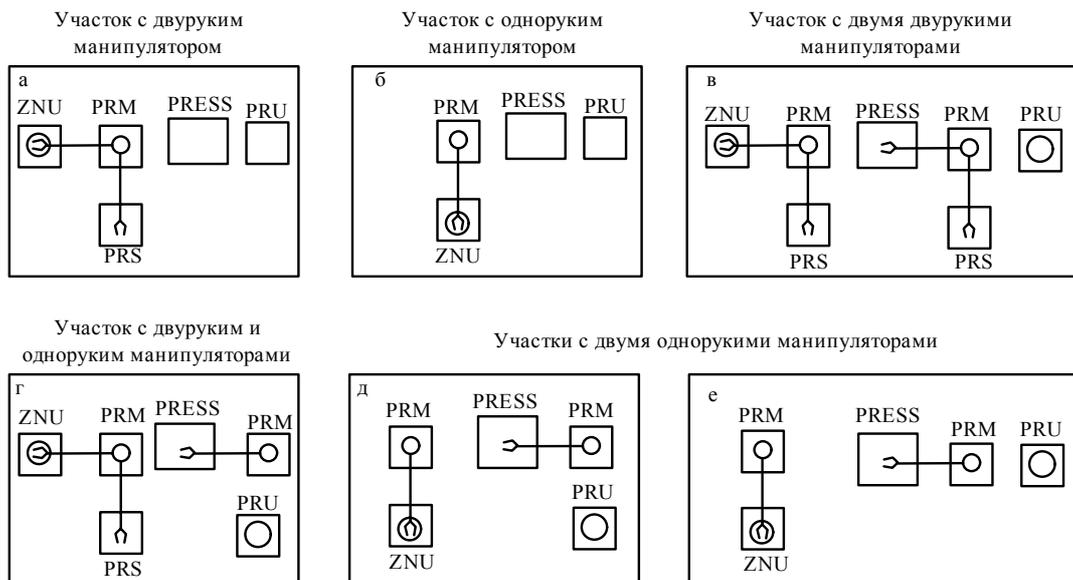


Рис. 1. Компоновочные схемы однопрессовых участков

Движение заготовок, полуфабрикатов и деталей осуществляется слева направо. Продолжительность цикла работы манипулятора (опустить руку, взять заготовку, поднять руку, повернуться на 90° , опустить руку, положить заготовку, поднять руку, возвратиться в исходное положение) составляет 3,7 с. Кассета вмещает 300 заготовок, тара под отштампованные детали — 2100 деталей. Продолжительность поворота загрузочного устройства на 90° — 10 с, перегрузка приемного устройства после его заполнения — 180 с, рабочего цикла прессования детали — 60/63 с.

Промоделируем работу всех участков в течение двух смен при коэффициенте использования рабочего времени, равном 0,8. Оценим производительность участков и загрузку оборудования.

Алгоритм моделирования

При составлении алгоритма моделирования участков введем следующие обозначения: K — количество деталей, n — счетчик тары под готовые детали (так как емкость тары под детали — 2100, а кассеты — 300 деталей, то $n=1, 2, \dots, 7$).

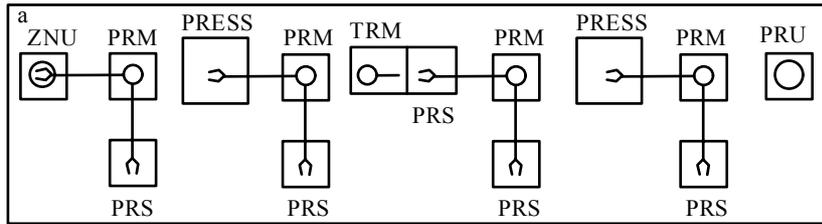
С учетом коэффициента использования участка и сменности его работы модельное время будет $0,8 \cdot 2 \cdot 28800 = 46080$ с.

Алгоритм моделирования участка по схеме рис. 1, *a*, являющейся базовой для однопрессовых участков, составленный в соответствии с заданными компоновочной схемой, логикой функционирования и принятыми обозначениями, представлен на рис. 3. Аналогично разработаны алгоритмы моделирования всех схем однопрессовых и двухпрессовых участков.

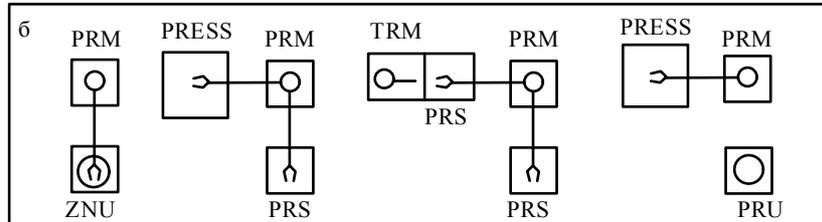
Программирование и расчет на компьютере

В связи с тем, что продолжительность цикла прессования одной детали составляет 60/63 с, для увеличения точности принимаем за единицу модельного времени 0,01 с. При разработке программы для организации цикла используем оператор TRANSFER в режиме безусловной передачи. При моделировании счетчиков используются операторы SAVEVALUE в режимах замещения и приращения, а также оператор TEST. Программа на GPSS, отвечающая алгоритму рис. 3, имеет вид, приведенный на рис. 4.

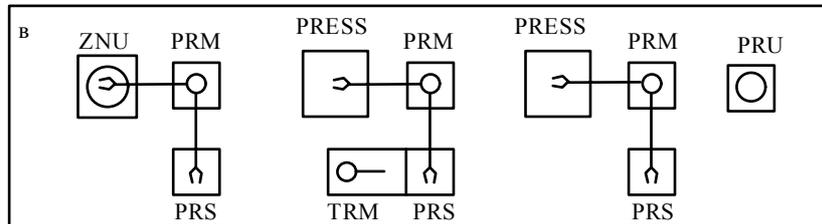
Участок с четырьмя двурукими манипуляторами



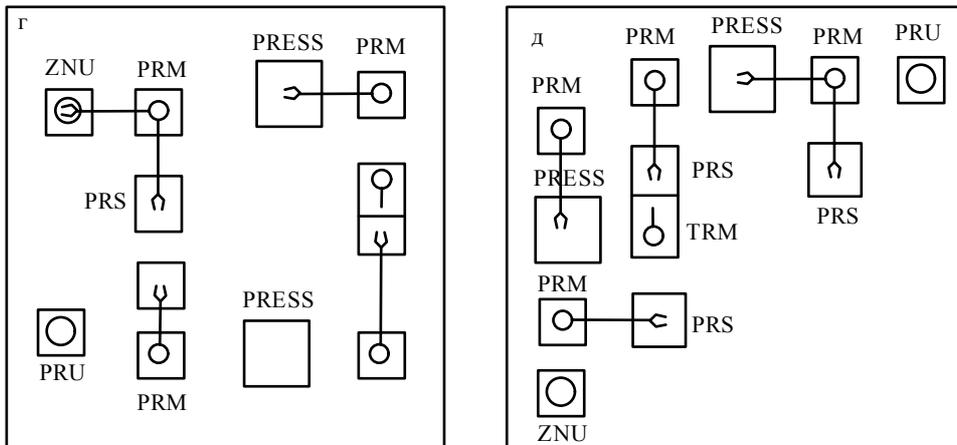
Участок с двумя двурукими и двумя одноручными манипуляторами



Участок с тремя двурукими манипуляторами



Участки с одним двуруким и тремя одноручными манипуляторами



Участок с двумя двурукими и двумя одноручными манипуляторами

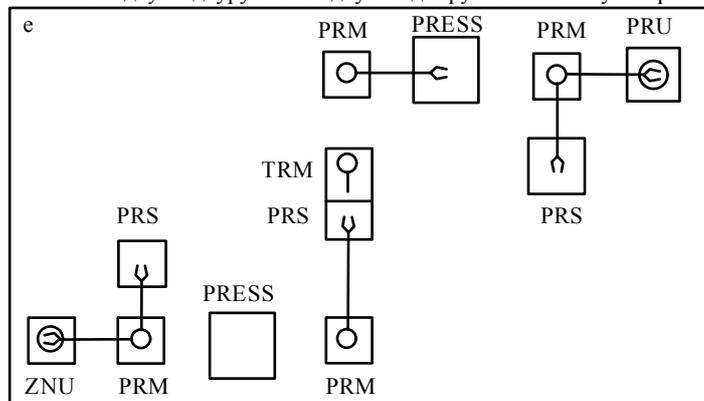


Рис. 2. Компонентные схемы двухпрессовых участков

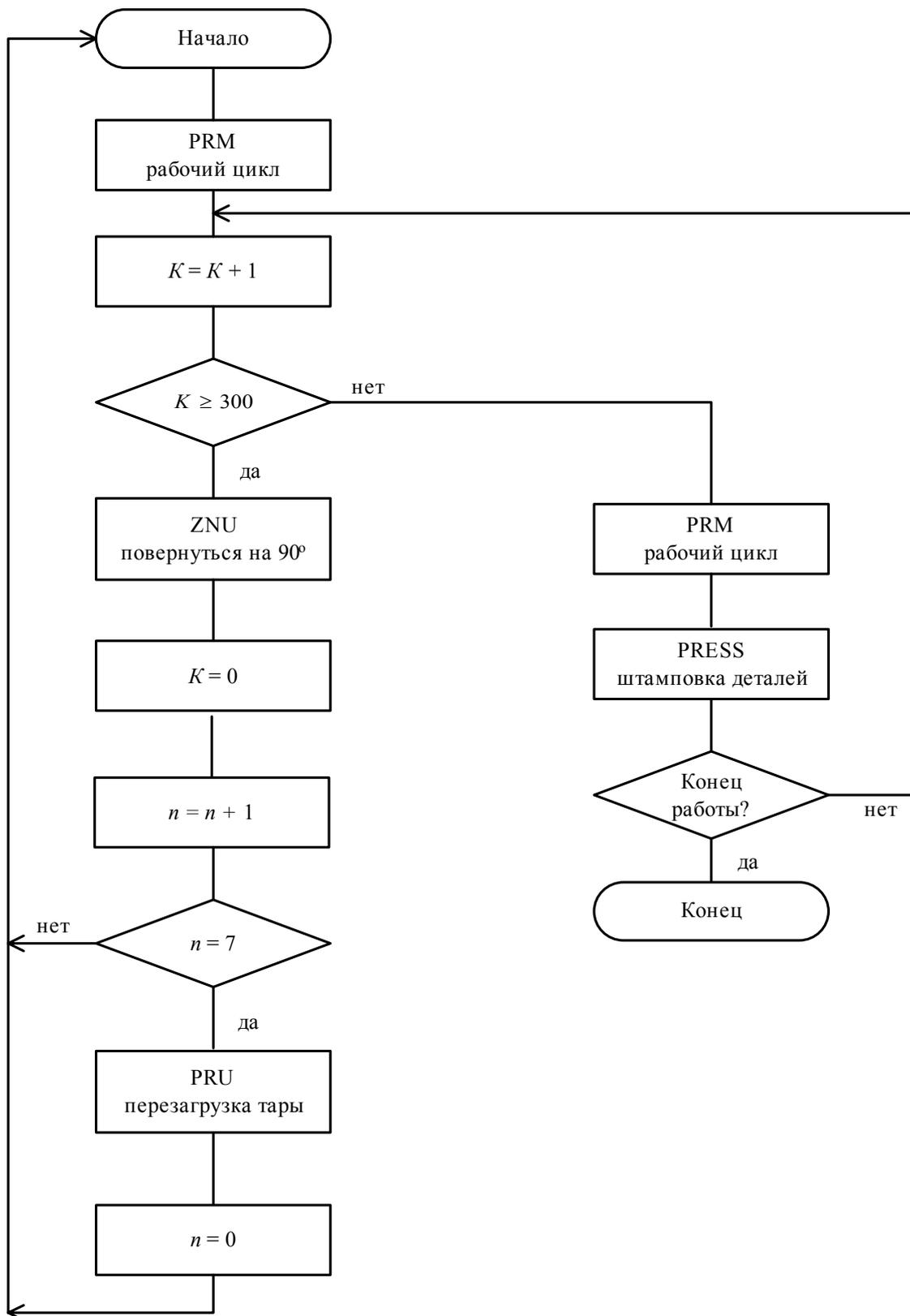


Рис. 3. Алгоритм моделирования участка штамповки с компоновкой по рис. 1,а

```

VAR      SIMULATE
          VARIABLE      6000/63
          GENERATE      ,, , 1
          ASSIGN        1, 4608000
MET1     SEIZE          PRM
          ADVANCE       370
          RELEASE       PRM
MET2     SAVEVALUE     1+, 1
          TEST          X1, 300, MET 3
          SEIZE         ZNU
          ADVANCE       1000
          RELEASE       ZNU
          SAVEVALUE     1, 0
          SAVEVALUE     2+, 1
          TEST E        X2, 7, MET 1
          SEIZE         PRU
          ADVANCE       18000
          RELEASE       PRU
          SAVEVALUE     2, 0
MET3     TRANSFER      , MET 1
          SEIZE         PRM
          ADVANCE       370
          RELEASE       PRM
          SEIZE         PRESS
          ADVANCE       V$VAR
          RELEASE       PRESS
          TEST LE       M1, P1, MET 4
MET4     TRANSFER      , MET 2
          TERMINATE     1
          START         1
          END

```

Рис. 4. Программа моделирования однопрессового участка по схеме рис. 1,*a*

Аналогичные программы составлены для остальных схем однопрессовых участков с учетом алгоритмов их функционирования.

На рис. 5 приведена программа моделирования двухпрессового участка по схеме рис. 2,*a*, являющейся базовой для участков этого типа.

Результаты расчетов приведены в табл. 1–3.

В табл. 1 отражены значения количества отштампованных деталей N за время T и средние значения времени штамповки одной детали τ для всех 12 компоновочных схем. Как следует из этой таблицы, среди однопрессовых участков наибольшей производительностью обладают компоновки a и b , наименьшей — e . Из двухпрессовых участков наибольшая производительность характерна для компоновки b , наименьшая — для компоновки a .

Таблица 1 Количество отштампованных деталей и средние значения времени штамповки для различных компоновочных схем

| Показатель | Компоновка | | | | | | | | |
|------------|-----------------------------------|-------|--------|-------|-----------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| | Однопрессовый участок (рис. 1) | | | | Двухпрессовый участок (рис. 2) | | | | |
| | a | b | $в, з$ | $д$ | e | a | b | $в, з$ | $д$ |
| $T, с$ | 46080 | 46083 | 46086 | 46081 | 46083 | 46085 | 46082 | 46086 | 46085 |
| $N, шт.$ | 9765 | 9792 | 6958 | 6771 | 6279 | 6925 | 6969 | 6956 | 6956 |
| $\tau с$ | 4,72 | 4,71 | 6,62 | 6,81 | 7,34 | 6,65 | 6,61 | 6,63 | 6,63 |

| | | |
|-------|-----------|----------------|
| | SIMULATE | |
| VAR | VARIABLE | 6000/63 |
| | GENERATE | ,, , 1 |
| | ASSIGN | 1, 4608000 |
| MET2 | SEIZE | PRM1 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM1 |
| | SEIZE | PRM1 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM1 |
| | SEIZE | PRES1 |
| | ADVANCE | V\$VAR |
| | RELEASE | PRES1 |
| | SEIZE | PRM2 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM2 |
| MET3 | SAVEVALUE | 1+, 1 |
| | TEST GE | X1, 300, MET 1 |
| | SEIZE | ZNU |
| | ADVANCE | 1000 |
| | RELEASE | ZNU |
| | SAVEVALUE | 1, 0 |
| | SAVEVALUE | 2+, 1 |
| | TEST E | X2, 7, MET 2 |
| | SEIZE | PRU |
| | ADVANCE | 18000 |
| | RELEASE | PRU |
| | SAVEVALUE | 2, 0 |
| | TRANSFER | , MET 2 |
| MET1 | SEIZE | PRM1 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM1 |
| | SEIZE | PRESS1 |
| | ADVANCE | V\$VAR |
| | RELEASE | PRESS1 |
| | SEIZE | PRM2 |
| | ADVANCE | 185 |
| | RELEASE | PRM2 |
| | SPLIT | 1, MET3 |
| | SEIZE | PRM2 |
| | ADVANCE | 185 |
| | RELEASE | PRM2 |
| | SEIZE | TRM |
| | ADVANCE | 120 |
| | RELEASE | TRM |
| | SEIZE | PRM3 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM3 |
| | SPLIT | 1, MET6 |
| | SEIZE | TRM |
| | ADVANCE | 120 |
| | RELEASE | TRM |
| | TERMINATE | |
| MET6 | TEST LE | M1, P1, KONEC |
| | SEIZE | PRES2 |
| | ADVANCE | V\$VAR |
| | RELEASE | PRES2 |
| | SEIZE | PRM4 |
| | ADVANCE | 370 |
| | RELEASE | PRM4 |
| | TERMINATE | |
| KONEC | TERMINATE | 1 |
| | START | 1 |
| | END | |

Рис. 5. Программа моделирования двухпрессового участка по схеме рис. 2,*a*

Коэффициенты загрузки (коэффициенты использования) оборудования для однопрессовых участков сведены в табл. 2. Из анализа этих показателей вытекает, что работу участков сдерживают манипуляторы.

Таблица 2. Коэффициенты загрузки оборудования для однопрессовых участков

| Коэффициент загрузки | Компоновка | | | | |
|----------------------|------------|----------|-------------|----------|----------|
| | <i>a</i> | <i>б</i> | <i>в, г</i> | <i>д</i> | <i>е</i> |
| $z_{PRM1}, \%$ | 78,6 | 78,6 | 56,0 | 55,9 | 50,4 |
| $z_{PRM2}, \%$ | — | — | 65,8 | 55,9 | 70,8 |
| $z_{PRESS}, \%$ | 19,0 | 19,1 | 14,3 | 14,3 | 12,9 |

Загрузка однотипного оборудования двухпрессовых участков (табл. 3) примерно одинаковая.

Таблица 3. Коэффициенты загрузки оборудования для двухпрессовых участков

| Коэффициент загрузки | Компоновка | | | | |
|----------------------|------------|----------|-------------|-------------|--|
| | <i>a</i> | <i>б</i> | <i>в, г</i> | <i>д, е</i> | |
| $z_{PRM1}, \%$ | 56,0 | 55,9 | 56,0 | 56,0 | |
| $z_{PRM2}, \%$ | 55,8 | 55,9 | 55,8 | 55,8 | |
| $z_{PRM3}, \%$ | 55,6 | 55,9 | 55,8 | 55,8 | |
| $z_{PRM4}, \%$ | 55,5 | 55,9 | 55,8 | 55,8 | |
| $z_{PRESS1}, \%$ | 14,3 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | |
| $z_{PRESS2}, \%$ | 14,2 | 14,3 | 14,3 | 14,3 | |
| $z_{TRM}, \%$ | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | |

Заключение

Разработанные алгоритмы и программы моделирования на языке GPSS позволяют исследовать роботизированные участки штамповки деталей из штучных заготовок. Анализ имитационного моделирования участков показал, что во всех 12 компоновках загрузка прессов не превышает 20%. Производительность участков ограничивается из-за относительной перегрузки манипуляторов. С учетом производительности участков для дальнейшего использования рекомендуются однопрессовые компоновки *a* и *б* (рис. 1) — производительность 9765–9792 деталей за две смены и двухпрессовые компоновки *б, в, г, д, е* (рис. 2) — производительность 6056–6969 деталей за две смены.

SIMULATION OF PUNCHING ROBOTIC CELLS WITH SINGLE-PIECE BLANKS

S.V. LUKYANETS, A.P. PASHKEVICH, A.V. PAVLOVA

Abstract

There are presented simulation results for the single-press and double-press punching robotic cells with single-piece blanks. For twelve layout schemes, there are developed the operation algorithms and the GPSS simulation programs. Using these results, there are proposed recommendations on application areas of the examined layouts of the punching robotic cells.

Литература

1. Лукьянец С.В., Павлова А.В., Алдакушин А.Г. // Опыт создания и эксплуатации ГПС и ПР: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. 1–4 ноября 1988 г., Горький. М., 1988. С. 21–24.
2. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М., 2004.
3. Томашевский В.И., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. М., 2003. 416 с.
4. Юревич Е.И. Основы робототехники. СПб., 2005.