

УДК 621.771

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНАЦИОННЫХ
ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ****Мальцев Андрей Анатольевич**доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Четвертак Юлия Сергеевна,**старший преподаватель кафедры ФН-7 МГТУ имени Н.Э. Баумана
e-mail: chetvertak@bmstu.ru**Аннотация**

В программной среде Multisim Live разработано электронное логическое устройство для оценки работоспособности технической системы, состоящей из металлургической печи и трех прокатных станов.

Ключевые слова: металлургия, электроника, работоспособность.

**MODELING THE RELIABILITY OF METALLURGICAL EQUIPMENT USING
COMBINATIONAL LOGIC DEVICES****Andrey A. Maltsev**associate professor of BMSTU ФН-7 and МТ-10 departments
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Julia S. Chetvertak**senior lecturer of BMSTU ФН-7 department
e-mail: chetvertak@bmstu.ru

ABSTRACT

An electronic logic device has been developed in the Multisim Live software environment to evaluate the operability of a technical system consisting of a metallurgical furnace and three rolling mills.

Keywords: metallurgy, electronics, efficiency.

Информационные системы управления персоналом являются неотъемлемым и эффективным инструментом, применяемым подавляющим большинством современных организаций. В век передовых технологий управление персоналом без поддержки информационных технологий кажется немыслимым. От степени адаптации этих систем к конкретной организации зависит от ее размера, сложности бизнес-процессов, подхода к применению современных инструментов, а также доступных ресурсов и капитала. Внедрение ИТ-систем или модернизация существующих требует не только финансовых вложений, но и организационных, кадровых и углубленных познаний в программном обеспечении.

Актуальность темы исследования связана с организацией бесперебойной работы металлургического оборудования [1].

Объект исследования – техническая система, состоящая из нагревательной печи (рис. 1) и трех прокатных станов (рис. 2, 3, 4).



Рисунок 1. Нагревательная печь



Рисунок 2. Первый прокатный стан

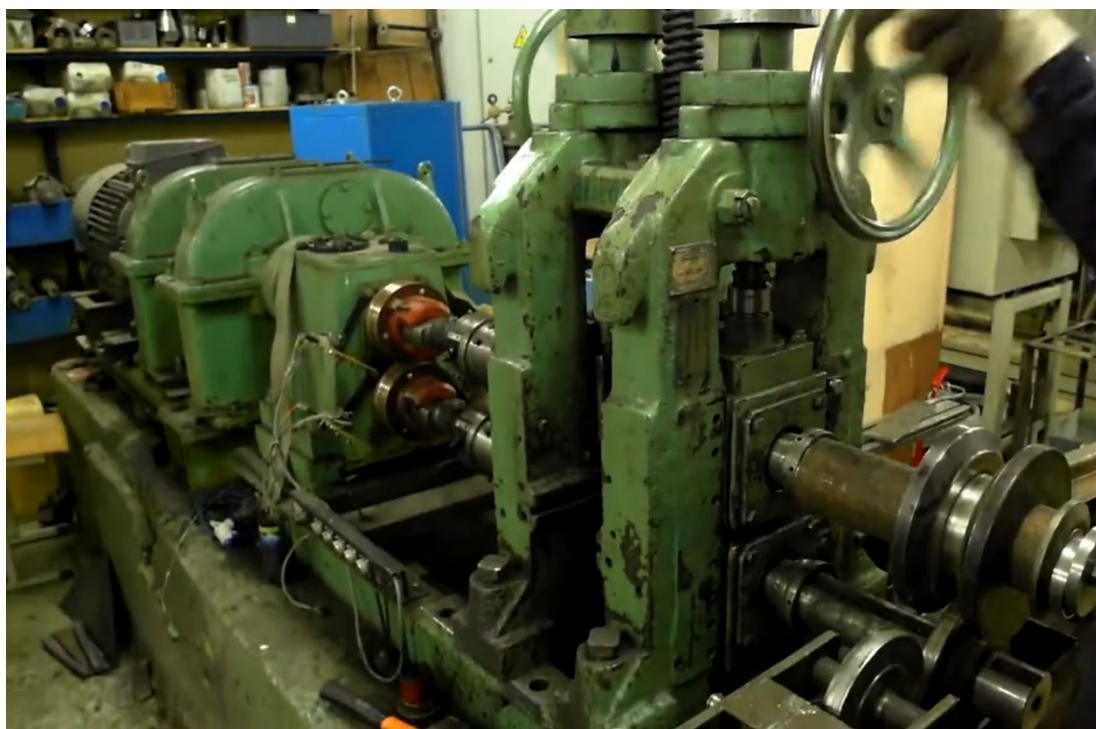


Рисунок 3. Второй прокатный стан

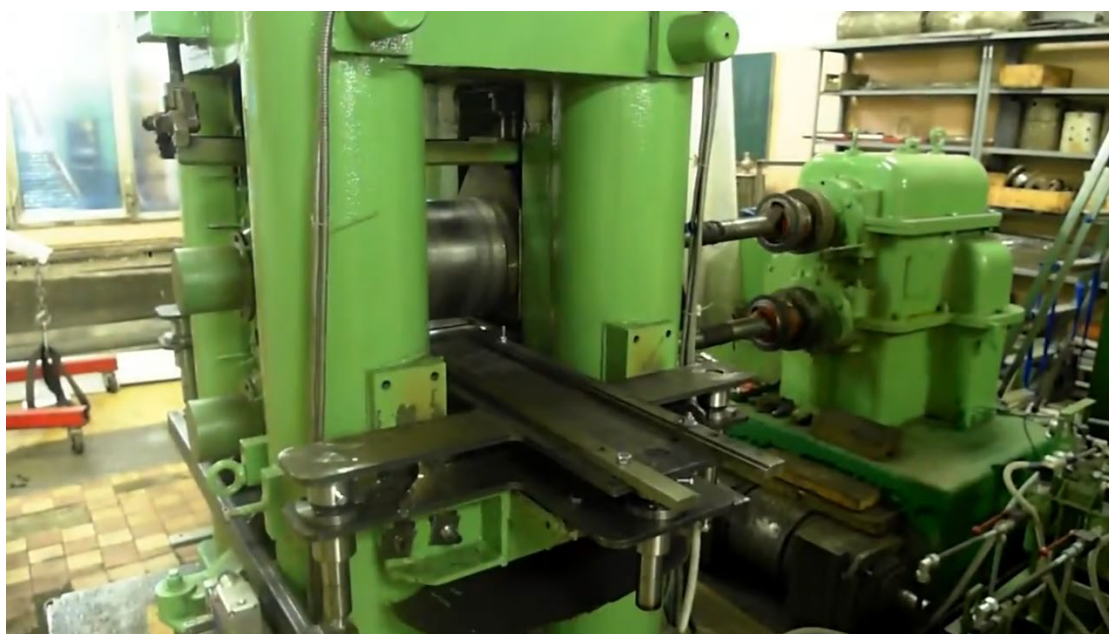


Рисунок 4. Третий прокатный стан

В общем случае под технической системой понимается объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в определенном контексте как единое целое и отделенных от окружающей среды.

Цель и задача исследования — оценить работоспособность технической системы.

Материалы исследования взяты из ГОСТ Р 51901.14 – 2005 «Менеджмент риска. Метод структурной схемы надёжности» и ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения».

Метод исследования — метод структурной схемы надёжности, часто используемый при анализе рисков технических и технологических систем (рис. 5).

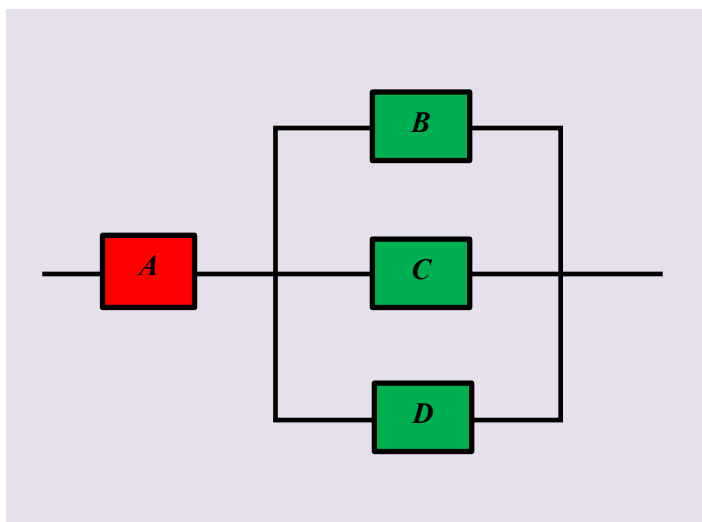


Рисунок 5. Структурная схема надежности технической системы:

A – металлургическая печь;

B – первый прокатный стан;

C – второй прокатный стан;

D – третий прокатный стан

Функциональные свойства технической системы описаны таблицей истинности (табл. 1) и булевым выражением (1).

Таблица 1. Таблица истинности

№	A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1
10	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1
15	1	1	1	1	1

В таблице истинности найдены строки, в которых комбинации логических переменных (A, B, C, D) на входе дают единицу (Y = 1) на выходе:

строка №9 ($A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D$) – техническая система работоспособна (Y = 1), если работоспособна печь (A = 1) и работоспособен третий прокатный стан (D = 1);

строка №10 ($A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D}$) – техническая система работоспособна (Y = 1), если работоспособна печь (A = 1) и работоспособен второй прокатный стан (C = 1);

строка №11 ($A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$) – техническая система работоспособна ($Y = 1$), если работоспособна печь ($A = 1$) и работоспособен второй прокатный стан ($C = 1$) и работоспособен третий прокатный стан ($D = 1$);

строка №12 ($A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$) – техническая система работоспособна ($Y = 1$), если работоспособна печь ($A = 1$) и работоспособен первый прокатный стан ($B = 1$);

строка №13 ($A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$) – техническая система работоспособна ($Y = 1$), если работоспособна печь ($A = 1$) и работоспособен первый прокатный стан ($B = 1$) и работоспособен третий прокатный стан ($D = 1$);

строка №14 ($A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$) – техническая система работоспособна ($Y = 1$), если работоспособна печь ($A = 1$) и работоспособен первый прокатный стан ($B = 1$) и работоспособен второй прокатный стан ($C = 1$);

строка №15 ($A \cdot B \cdot C \cdot D$) – техническая система работоспособна ($Y = 1$), если работоспособна печь ($A = 1$) и работоспособен первый прокатный стан ($B = 1$) и работоспособен второй прокатный стан ($C = 1$) и работоспособен третий прокатный стан ($D = 1$).

В дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) записано булево выражение (сумма произведений)

$$Y = A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot C \cdot D = 1, \quad (1)$$

по которому составлена карта Карно (табл. 2).

Таблица 2. Карта Карно

	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot B$	$A \cdot \bar{B}$
$\bar{C} \cdot \bar{D}$	0	0	1	0
$\bar{C} \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot \bar{D}$	0	0	1	1

Рассмотрен первый вариант минимизации булевого выражения (1) с помощью карты Карно (табл. 3) путем выполнения операций попарного склеивания клеток по единицам:

$$\begin{aligned} Y &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \\ &+ A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \\ &+ A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \\ &+ A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\ &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \\ &+ A \cdot \bar{C} \cdot D \cdot (B + \bar{B}) + \\ &+ A \cdot C \cdot D \cdot (B + \bar{B}) + \\ &+ A \cdot C \cdot \bar{D} \cdot (B + \bar{B}) = \\ &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \\ &+ A \cdot \bar{C} \cdot D \cdot 1 + \\ &+ A \cdot C \cdot D \cdot 1 + \\ &+ A \cdot C \cdot \bar{D} \cdot 1 = \\ &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot C \cdot D + A \cdot C \cdot \bar{D} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot C \cdot (D + \bar{D}) = \\
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot C = 1.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Таблица 3. Интерпретация операций попарного склеивания (2)

	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot B$	$A \cdot \bar{B}$
$\bar{C} \cdot \bar{D}$	0	0	1	0
$\bar{C} \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot \bar{D}$	0	0	1	1

Рассмотрен второй вариант минимизации булева выражения (1) с помощью карты Карно (табл. 4) путем выполнения операций попарного склеивания клеток по единицам:

$$\begin{aligned}
 Y &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \\
 &+ A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot (\bar{D} + D) + \\
 &+ A \cdot B \cdot C \cdot (D + \bar{D}) + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot D \cdot (\bar{C} + C) + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot 1 + \\
 &+ A \cdot B \cdot C \cdot 1 + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot D \cdot 1 + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\
 &= A \cdot B \cdot (\bar{C} + C) + A \cdot \bar{B} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = \\
 &= A \cdot B + A \cdot \bar{B} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} = 1.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Таблица 4. Интерпретация операций попарного склеивания (3)

	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot B$	$A \cdot \bar{B}$
$\bar{C} \cdot \bar{D}$	0	0	1	0
$\bar{C} \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot \bar{D}$	0	0	1	1

Рассмотрен третий вариант минимизации булева выражения (1) с помощью карты Карно (табл. 5) путем выполнения операций попарного склеивания клеток по единицам:

$$\begin{aligned}
 Y &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \\
 &+ A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \\
 &+ A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \\
 &+ A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 &= A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot (\bar{D} + D) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + A \cdot C \cdot D \cdot (B + \bar{B}) + \\
 & + A \cdot C \cdot \bar{D} \cdot (B + \bar{B}) + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot 1 + \\
 & + A \cdot C \cdot D \cdot 1 + \\
 & + A \cdot C \cdot \bar{D} \cdot 1 + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot C \cdot D + A \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot C \cdot (D + \bar{D}) + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = 1. \tag{4}
 \end{aligned}$$

Таблица 5. Интерпретация операций попарного склеивания (4)

	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot B$	$A \cdot \bar{B}$
$\bar{C} \cdot \bar{D}$	0	0	1	0
$\bar{C} \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot \bar{D}$	0	0	1	1

Рассмотрен четвертый вариант минимизации булева выражения (1) с помощью карты Карно (табл. 6) путем выполнения операций попарного склеивания клеток по единицам:

$$\begin{aligned}
 Y = & A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \\
 & + A \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot (\bar{D} + D) + \\
 & + A \cdot B \cdot C \cdot (D + \bar{D}) + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot (D + \bar{D}) + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot 1 + \\
 & + A \cdot B \cdot C \cdot 1 + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot 1 + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} + \\
 & + A \cdot C \cdot (B + \bar{B}) + \\
 & + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = \\
 = & A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = 1. \tag{5}
 \end{aligned}$$

Таблица 6. Интерпретация операций попарного склеивания (5)

	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\bar{A} \cdot B$	$A \cdot B$	$A \cdot \bar{B}$
$\bar{C} \cdot \bar{D}$	0	0	1	0
$\bar{C} \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot D$	0	0	1	1
$C \cdot \bar{D}$	0	0	1	1

В результате исследования разработано комбинационное логическое устройство для оценки работоспособности технической системы, состоящей из нагревательной печи и трех прокатных станов (рис. 6).

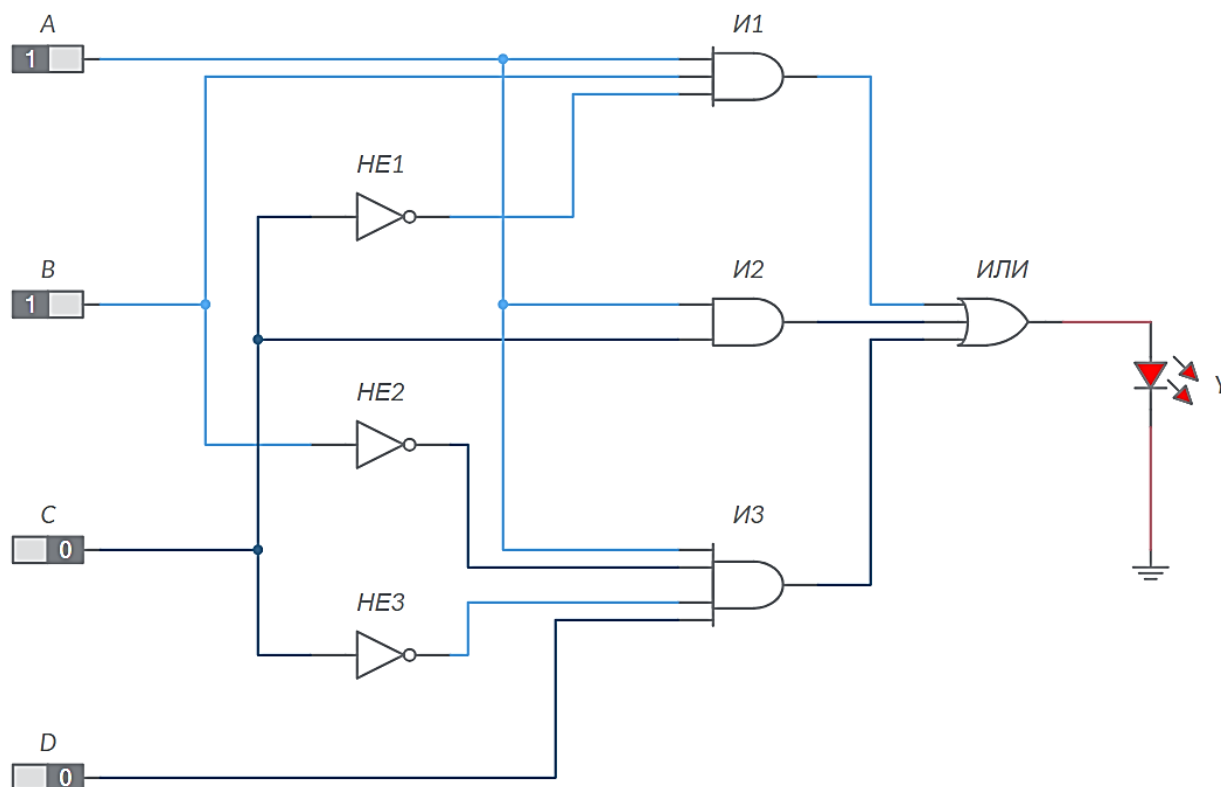


Рисунок 6. Логическая схема в среде Multisim Live (четвертый вариант минимизации булева выражения):

И1, И2, И3 – логические элементы «И»;

ИЛИ – логический элемент «ИЛИ»;

НЕ1, НЕ2, НЕ3 – логические элементы «НЕ»;

A, B, C, D – цифровые константы (единица или ноль);

Y – светодиод

Заключение: результат исследования будет востребован для написания раздела «Реализация метода структурной схемы надежности в программной среде Multisim» электронного учебника по дисциплине «Основы динамики и надежности металлургического оборудования».

Список литературы:

1. Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов. Том. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / Учебник для вузов. – Москва: Металлургия, 1988. – 680 с.
2. Васильев И.А., Люминарская Е.С. Исследование и проектирование комбинационных логических устройств в программной среде Multisim / Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 21 с.

References:

1. Tselikov A.I., Polukhin P.I., Grebenik V.M. et al. Machines and aggregates of metallurgical plants. Vol. 3. Machines and units for the production and finishing of rolled products / Textbook for universities. – Moscow: Metallurgy, 1988. – 680 p.
2. Vasiliev I.A., Luminarskaya E.S. Research and design of combinational logic devices in the Multisim software environment / Methodological guidelines for laboratory work. – Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2018. – 21 p.