

УДК 621.3:658.34

## ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ПОЛНОТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Л. Г. ЧЕРНАЯ<sup>1</sup>, Е. М. КАЗАК<sup>2</sup>, П. Ф. НИКИТИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

<sup>2</sup>Департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности

(Госпромнадзор)

Минск, Беларусь

Надежность системы определяется значением параметра средней вероятности отказов по запросу PFD (Probability of Failure on Demand), который показывает вероятность того, что система выйдет из строя и при необходимости не сможет выполнять свои функции безопасности за период времени в один год.

Вероятность отказа рассчитывается из выражения системы противоаварийной защиты SIS (safety instrumented system).

Допустимый диапазон вероятности отказа определяется уровнем полноты безопасности системы SIL (safety integrity level), который принимает одно из четырех возможных значений, согласно СТБ IEC 61508–2014 *Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью*: SIL 1 – самый низкий уровень безопасности ( $10^{-2} < PFD < 10^{-1}$ ); SIL 2 ( $10^{-3} < PFD < 10^{-2}$ ); SIL 3 ( $10^{-4} < PFD < 10^{-3}$ ); SIL 4 – самый высокий уровень безопасности ( $10^{-5} < PFD < 10^{-4}$ ).

Чем выше уровень безопасности, тем ниже допустимая вероятность несрабатывания функции по запросу.

Проведено исследование надежности системы мехатронного модуля в составе автоматической линии взрывоопасного объекта (рис. 1).

Основными компонентами мехатронного модуля являются: модуль загрузки–разгрузки (I), модуль осевого вращения заготовки (II), модуль поперечного течения (III), модуль продольного течения (IV) и шкаф управления (V).

Модуль загрузки–разгрузки (I) состоит из рольганга, приводимого в движение мотор-редуктором NMRV110-15-93,3-B3. Контроль вращения мотор-редуктора (M) обеспечивается индуктивным датчиком (SE-1). Наличие заготовки и её перемещение в зону загрузки–разгрузки контролируется двумя барьерными датчиками рефлекторного типа (GS-1, GS-2). Загрузка и разгрузка производится манипулятором Kawasaki RS003N (A) с пневматическим захватным устройством SCHUNK PWG-plus 100-AS-KVZ (Y), используется программируемый логический контроллер (PLC).

Принцип работы заключается в том, что заготовки, которые находятся на рольганге, автоматически загружаются манипулятором в пневмопатрон, производится цикл автоматической обработки модулями продольного и поперечного течения. Готовая деталь выгружается на рольганг, завершая цикл обработки.

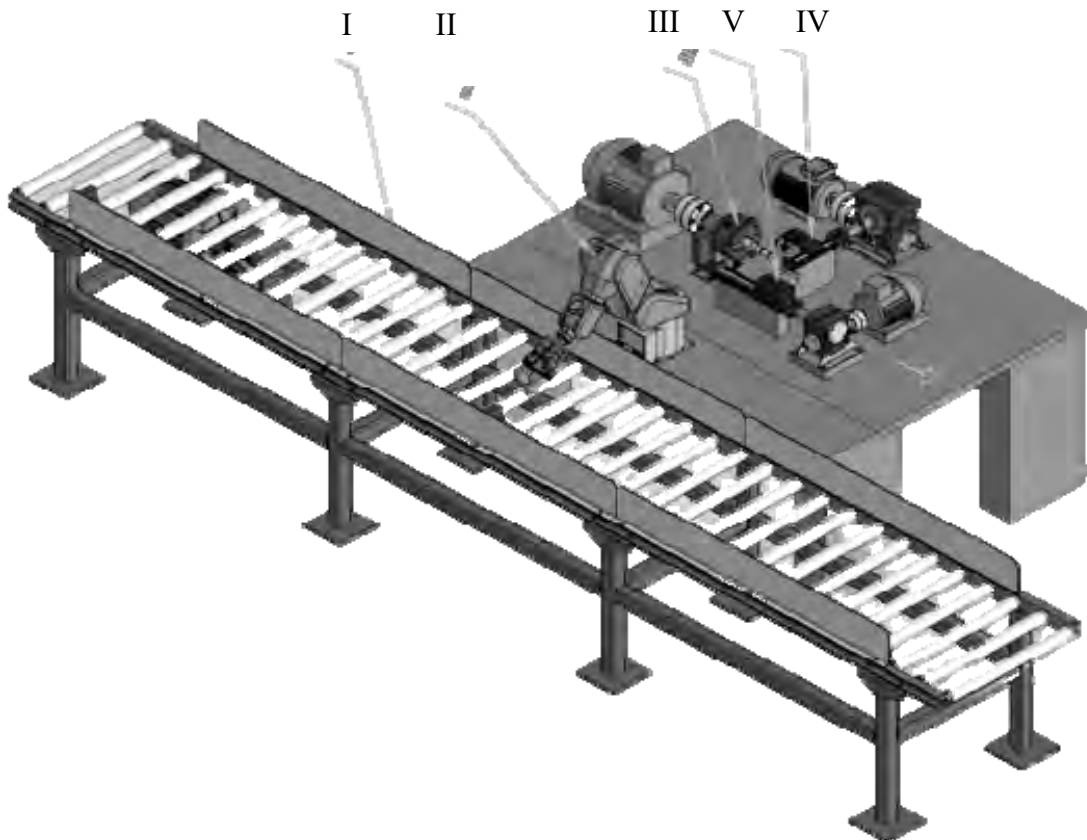


Рис. 1. Мехатронный модуль в составе автоматической линии

Вероятность отказов элементов, входящих в систему, обеспечивающую функцию безопасности (автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния объекта или системы его автоматизации): электропривод мотор-редуктора (M) –  $PFD_M = 2 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2); индуктивный датчик (SE-1) –  $PFD_{SE-1} = 2,6 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2); барьерные датчики рефлекторного типа (GS-1, GS-2) –  $PFD_{GS-1} = PFD_{GS-2} = 2,8 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2); манипулятор Kawasaki RS003N (A) –  $PFD_A = 1,5 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2); пневматическое захватное устройство SCHUNK PWG-plus 100-AS-KVZ (Y) –  $PFD_Y = 2,0 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2); программируемый логический контроллер (PLC) –  $PFD_{PLC} = 1,8 \cdot 10^{-3}$  (SIL 2).

Общего значения вероятности отказов  $PFD_{\Sigma}$  функции безопасности системы определяются как сумма PFD всех элементов, входящих в систему, и равны  $4,6 \cdot 10^{-2}$  (SIL 1), что соответствует надежности, равной вероятности безотказной работы 0,954. Для повышения надежности необходимо общее резервирование системы. В этом случае вероятность отказа системы с общим резервированием определяется по формуле

$$PFD_{\Sigma R} = PFD_{\Sigma} \cdot PFD_{\Sigma} = 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ (SIL 1)} \cdot 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ (SIL 1)} = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ (SIL 2)}.$$

Таким образом, надежность системы повысилась и соответствует вероятности безотказной работы, равной 0,998.