

# ФАКТОРЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОСТОЕВ ОБОРУДОВАНИЯ

Рассматриваются недостатки существующих алгоритмов прогнозирования простоев оборудования. Обосновывается целесообразность проведения исследований для разработки усовершенствованного алгоритма прогнозирования простоев с динамическим набором параметров.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из ключевых факторов, влияющих на оценку времени выполнения заказа на производстве в процессе планирования, являются простои. В связи с этим прогнозирование времени простоев является актуальной задачей для любого производства. В настоящее время для решения этой задачи используется ряд алгоритмов и методов, в том числе: FMEA, FMESA, FMEDA[1,2], а также модели авторегрессии скользящего среднего (ARIMA)[3]. Несмотря на все достоинства указанных методов, они имеют некоторые ограничения, снижающие их эффективность при изменении первоначальных условий оценки в долгосрочной перспективе.

## I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Рассмотрим подробнее перечисленные выше методы.

FMEA - методология, позволяющая определить сценарии, по которым продукт (оборудование), технологический процесс или система могут выйти из строя.[4]

FMESA, в дополнение к FMEA, ранжирует идентифицированные виды отказов в порядке их важности (критичности) посредством вычисления одного из двух показателей - числа приоритетности риска или критичности отказа.

FMEDA имеет целью вычисление интенсивности отказов конечной системы, в качестве которой может рассматриваться устройство или группа устройств, выполняющая более сложную функцию.

Как видно из описания, данные методы базируются на FMEA и основными показателями для них служат:

- интенсивность отказов (определенная с помощью расчёта наработок на отказ - MTBF);
- вероятность отказа (в процентах от показателя интенсивности отказов);
- время наработки.

Изучив входные данные, результаты и оценки результатов FMEA, FMESA и FMEDA, представленные на рисунке 1[6], можно констатировать, что эти методы рассматривают лишь один фактор - вероятность отказов оборудования, оставляя без внимания другие, существенные, но не такие явные факторы.

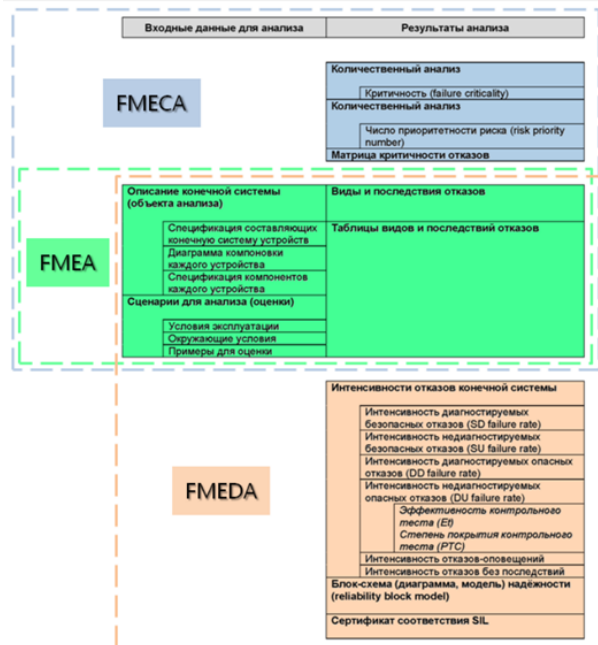


Рис. 1 – Входные данные, результаты и оценки результатов FMEA, FMESA, FMEDA

В последнее время осуществляются попытки использовать для прогнозирования простоев оборудования модель авторегрессии скользящего среднего (ARIMA).[3,5] Данная модель рассчитана на оценку временных рядов, которые в свою очередь могут быть многомерными, однако в большинстве исследований используются только одномерные временные ряды. По этой причине происходит оценка лишь одного фактора, которым, как и в предыдущих методах, является отказ оборудования.

Для повышения точности и достоверности подобных алгоритмов прогнозирования простоев предлагается провести исследование для выявления дополнительных факторов, влияющих на формирование простоев оборудования. Оценка совокупного влияния этих факторов позволит определить возможность разработки усовершенствованного алгоритма прогнозирования с динамическим набором параметров.

## II. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На начальном этапе исследования были получены эмпирические данные, представленные ниже:

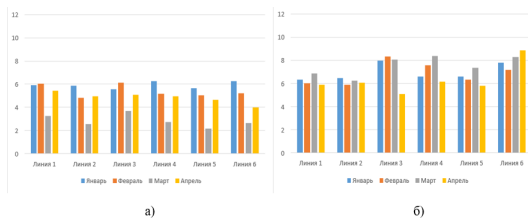


Рис. 2 – Средняя длительность простоев в смену: а) 2022 год, б) 2023 год

На рисунке 2а) отображены средние величины длительности простоев за определенный период 2022 года до автоматизации процесса фиксации состояний работы оборудования, а на рисунке 2б) отображена динамика простоев за 2023 год после автоматизации фиксации режимов работы.

Следует отметить, что для повышения объективности оценки исследуемых показателей в качестве времени простоев были взяты данные только для тех дней, в которые однозначно была запланирована работа по производству продукции. Это позволило максимально минимизировать внешние факторы, связанные с наличием заказов, их количеством и внешней логистикой поставки сырья на предприятия.

Согласно полученным данным, средняя величина простоев по всем линиям в 2022 году составляла 4,698 часа, а в 2023 этот показатель увеличился до 6,922 часа.

В качестве дополнительного фактора, помимо отказов оборудования, в процессе исследования, рассматривалось влияние человека на возникновение и длительность простоев. До автоматизации влияние этого фактора составляло в сумме 40 минут в разрезе смены. После автоматизации этот показатель удалось снизить до 10 минут.

Если эти данные учесть при использовании вышеуказанных алгоритмов без изменения фактора, связанного с отказами оборудования, логично было бы ожидать уменьшения средней длительности простоев в разрезе смены в 2023 году. Однако, согласно данным за 2023 год, величина длительности простоев увеличилась.

Отмеченный эффект связан с тем, что даже при учете одного дополнительного фактора, остается без внимания совокупное влияние других, которые также могут содействовать возникновению или увеличению длительности простоев. Вследствие этого, прогноз, составленный без учета совокупного влияния большинства факторов и взаимосвязей между ними, может быть до-

стоверным лишь частично и только в краткосрочной перспективе.

На основе анализа деятельности ряда предприятий в ходе проведенного исследования были выявлены следующие факторы, которые могут служить причиной существенного простоя оборудования и совокупное влияние которых в известных алгоритмах прогнозирования простоев не учитывается:

- логистика поставки сырья на оборудование;
- запланированные простои;
- простои, связанные с работой вспомогательного оборудования;
- технологически обусловленные простои;
- человеческий фактор.

### III. Выводы

Необходимо продолжить исследования, которые позволят выявить не только явные закономерности и взаимосвязи в возникновении простоев, но и косвенные. Результаты этих исследований предоставят возможность разработать алгоритм, способный учитывать большинство необходимых факторов динамическим образом, который приведет к повышению точности и объективности прогнозов о вероятности возникновения и длительности простоев.

1. Соболева, М. Ю. Прогнозирование как средство повышения эффективности деятельности организации / М. Ю. Соболева // Программные продукты и системы. – №1, 2007. – С. 24-27.
2. Stamatis, D. H. Failure Mode And Effect Analysis / D. H. Stamatis // FMEA from Theory to Execution, Second Edition. – 2003. – 488с.
3. Артамонов, Н. В. Введение в анализ временных рядов / Н. В. Артамонов [и др.] // Учебное пособие для вузов. – ВолНИЦ РАН, - 2021. – 135с.
4. IEC 60812 Analysis techniques for system reliability. Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
5. Kim K.H. Descriptive Time Series Analysis for Downtime Prediction Using the Maintenance Data of a Medical Linear Accelerator / K.H. Kim, M.-J. Sohn, S. Lee, H.-W. Koo, S.-W. Yoon, A.K. Madadi // MDPI Applied Sciences. – 2022.
6. KConsult C.I.S Reliability Analyses and more [Электронный ресурс]: Анализ видов и последствий (критичности, диагностируемости) отказов (FMEA / FMECA / FMEDA). Режим доступа: <http://www.kconsult-cis.com/fmea-fmece.html>

*Евдокимов Виталий Геннадьевич*, магистрант кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, lunshiro@gmail.com.

*Научный руководитель: Ломако Александр Викторович*, кандидат технических наук, доцент, lavlot@bsuir.by.