

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАТОРСКИХ ПРОЦЕДУР ТРОПОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ Р-412МБ В КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЁРЕ

Бегаль Д.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Сидоров С.В.*

Аннотация. Разработана модель операторских процедур для тренажёра тропосферной станции Р-412МБ. Модель описывает последовательности действий оператора (включая запуск, настройку, приём/передачу и диагностику) в виде удобной для программной реализации машины состояний. Для реалистичности добавлены параметры задержек, шумов и генератор аварийных сценариев с настраиваемой вероятностью. Система автоматически фиксирует действия пользователя, оценивает их по набору критериев (время, правильность последовательности, восстановление после отказа) и выдаёт обратную связь. Ожидаемый эффект — более безопасное, повторяемое и эффективное обучение операторов за счёт реалистичной симуляции и объективной оценки.

Подготовка операторов тропосферных станций требует отработки сложных последовательностей действий в условиях ограниченного времени и возможных отказов оборудования. Традиционные практические занятия с реальными станциями ограничены доступностью техники, безопасностью и износом оборудования. Компьютерный тренажёр предоставляет контролируемую, повторяемую и безопасную среду для формирования навыков операторов при минимальных затратах.

Целью исследования считается разработать и обосновать модель операторских процедур тропосферной станции Р-412МБ для интеграции в компьютерный тренажёр, обеспечивающую репрезентативную имитацию рабочих сценариев, ошибок и отказов, а также объективную оценку действий обучаемых.

Задачи:

- 1.формализация набора базовых и аварийных операторских процедур (инициализация, установка рабочих параметров, приём/передача, перестройка частоты, диагностика неисправностей, вывод станции в безопасное состояние);
- 2.разработка архитектуры программного модуля процедур с выделением подсистем сценариев, состояния станции, событий и контроля времени;
- 3.моделирование задержек, неточностей и отказов аппаратных компонентов с параметризацией вероятностей, и времени восстановления;
- 4.определение критериев и алгоритмов автоматической оценки правильности выполнения процедур и построения обратной связи.

Для формализации процедур использована иерархическая модель состояний и переходов (state machine), где каждое действие оператора представлено атомарной операцией с предусловиями и постусловиями. Сценарии строятся как композиции операций с возможностью ветвления по результатам проверок и имитаций отказов. Моделирование аппаратных эффектов (задержки установок, погрешности калибровки, шум приёмника) проводится с применением стохастических процессов и параметрических шумовых моделей. Для генерации отказов используется сценарный генератор с настраиваемыми профилями риска (частота, длительность, тип). Оценка действий реализована через правило-базированную систему и метрики времени реакции, последовательности действий и числа корректировок.

Реализация модели позволит:

- 1.формировать учебные сценарии от типовых рабочих процедур до сложных аварийных случаев;
- 2.автоматизировать сбор показателей эффективности работы оператора (время, ошибки, восстановление работы);
- 3.проводить повторяемые тренировки и сравнение прогресса обучаемых.

Формализованная модель операторских процедур, реализованная как отдельный программный модуль тренажёра, существенно повышает качество обучения операторов тропосферных станций за счёт воспроизводимости сценариев, возможности имитации отказов и объективной автоматической оценки. Дальнейшие исследования целесообразно направить на адаптивные сценарии под уровень обучаемого и интеграцию алгоритмов машинного анализа ошибок для персонализированной обратной связи.

**Список использованных источников:**

- 1.Романовский С. В., Григоренко С. И., Сасновский А. А. Тропосферная станция Р-412МБ: учебно-методическое пособие. — Минск: БГУИР, 2020. — 112 с. [9]
- 2.Касанин С. Н., Пискун В. В., Богуш В. А. Компьютерные тренажеры средств связи // Современный подход к подготовке военных специалистов. — [Электронный ресурс]. URL: [https://iibeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/45898/1/Kasanin\\_Kompyuternyye.pdf](https://iibeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/45898/1/Kasanin_Kompyuternyye.pdf)
- 3.Дозорцев В.М. насколько полезны компьютерные тренажеры для обучения операторов // автоматизация в промышленности. — 2016. — № 7. — С. 1-5. [12]