

## ВАРИАНТ РЕАЛИЗАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТАКТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ВМФ

Г.П. Пуха (Санкт-Петербург)

### Постановка задачи

В настоящее время одним из перспективных направлений развития ИТ в военной области становится разработка в составе АРМов пунктов управления (ПУ) различного уровня программных комплексов или систем, обеспечивающих поддержку принятия решений – СППР [1].

Пытаются не оставаться в стороне от данной «столбовой дороги» и пункты управления связью (ПУС), на которых подобные СППР предполагают взять на себя основную нагрузку по значительному сокращению трудозатрат их операторов, связанных с информационной и расчётной деятельностью по оценке эффективности принимаемых решений в ходе планирования связи. Однако, как уже отмечалось в [2], несмотря на то, что методологии формирования подобных комплексов посвящено уже немало научных работ [3, 4], широкого применения в практике работы ПУС на флотах они пока не нашли. Основными причинами данного обстоятельства являются, на наш взгляд, как слабо развитое их информационное обеспечения, так и сложности реализации взаимодействия аналитических моделей физического и канального уровня с сетевыми моделями, определяющими показатели своевременности связи, в основе которых, как правило, используются технологии имитационного моделирования [5].

Следовательно, исследования в указанном направлении развития современных информационных технологий, применительно к практической деятельности ПУС флотов, продолжают оставаться актуальными.

Так, например, программный комплекс способный обеспечить анализ эффективности и обоснование рациональных вариантов организации тактической связи в прогнозируемых условиях обстановки [4] может включать в себя целый набор моделей трактов распространения радиоволн (РРВ), радиолиний (р/л) передачи сообщений с учетом радиопротиводействия противника, а также имитационную модель (ИМ) сети тактической связи, обеспечивающую определение вероятностно-временных характеристик (ВВХ) процесса связи для моделей функционирования объектов управления (ФОУ) (рис. 1).

И, если при формировании данного комплекса для моделей трактов РРВ, р/л и ФОУ были найдены соответствующие аналитические варианты, то для создания адекватного варианта модели определения ВВХ процесса связи лучшим решением оказывается применение метода ИМ [6]. Очевидно, что при включении таких разнородных моделей в единой СППР довольно остро встает вопрос о технологиях реализации их взаимодействия между собой.



Рис. 1. Структура программного комплекса моделирования тактической связи

В то же время, специализированные системы имитационного моделирования для реализации расчетных процедур и связи с «внешним миром» используют, как правило, возможности стандартных, либо своих специфических языков программирования. В свое время для GPSS-V и GPSS-PC это был FORTRAN, а для SimPas – Pascal. настоящее время это, например, Java для AnyLogic, Plus для GPSS World и Object Pascal для Object GPSS. Причем на время выполнения таких процедур, по определению, считыванию или выводу данных, процесс моделирования естественным образом приостанавливается. Кроме этого в подобных системах ИМ обычно отсутствуют средства оформления хотя бы маломальского пользовательского интерфейса и доступа к данным в форматах СУБД. В связи с этим при разработке СППР включающих наборы разнородных моделей и проведении, в конечном итоге, имитационного исследования, на каждом этапе всегда требуется – либо применять ручные операции, либо дополнительно использовать множество сторонних технологий их реализации [5].

#### Решение задачи

Существенным шагом в устранении данного обстоятельства применительно к системам имитационного моделирования является идея объединить различные инструменты разработки и исследования в рамках одной «мастерской», например, AnyLogic и GPSS Studio [7, 8]. В этих системах автоматизировано большинство этапов исследования – от постановки задачи, сбора данных, построения модели и далее до выработки практических рекомендаций собственнику системы по повышению

эффективности ее работы. В качестве несомненных достоинств данной среды перед другими системами имитационного моделирования можно выделить:

- объединение всего жизненного цикла каждой модели в рамках общего проекта, и хранение самой модели, результатов экспериментов в единой базе данных;
- методическую и информационную связанность всех этапов исследования друг с другом в рамках единого комплекса программ, запускаемого с компьютера пользователя;
- использование единого стандарта языка общения исследователя с программой, за счет создания унифицированных интерфейсов взаимодействия системы с исследователем при работе с моделью, при проведении экспериментов и представлении результатов моделирования.

В то же время необходимо отметить, что работа в среде моделирования GPSS Studio, никоим образом не изменяет спецификации языка моделирования GPSS World и соответствующих Plus-процедур, поэтому ее возможности по организации взаимодействия с внешними программами также ограничиваются чтением и выводом данных файлов текстового формата. Процедур, обеспечивающих прямой доступ к файлам стандартов СУБД в данной среде пока, к сожалению, также не предусмотрено.

Следовательно, на сегодняшний день единственной возможностью в среде GPSS реализовать передачу в ее модели данных, полученных в результате работы моделей (программ) другого рода, и предоставить данные результатов ИМ в другие модели или для их обработки в рамках единого программного комплекса – это текстовые объекты. И, очевидно, что «объединяющей» средой разработки подобных СППР могут служить интегрированные системы программирования, основанные на языках высокого уровня.

Основанный на этом подходе вариант реализации программного комплекса (применительно к набору разнородных моделей СППР, представленных на рис. 1) показан на рис. 2. Данный пакет прикладных программ, состоит из ряда выполняемых файлов, базы данных в формате настольной СУБД Access, а также текстовых файлов справочных, исходных и выходных данных [9]. Такой формат СУБД позволяет функционировать комплексу, как в автономной, так и в файл-серверной архитектуре.

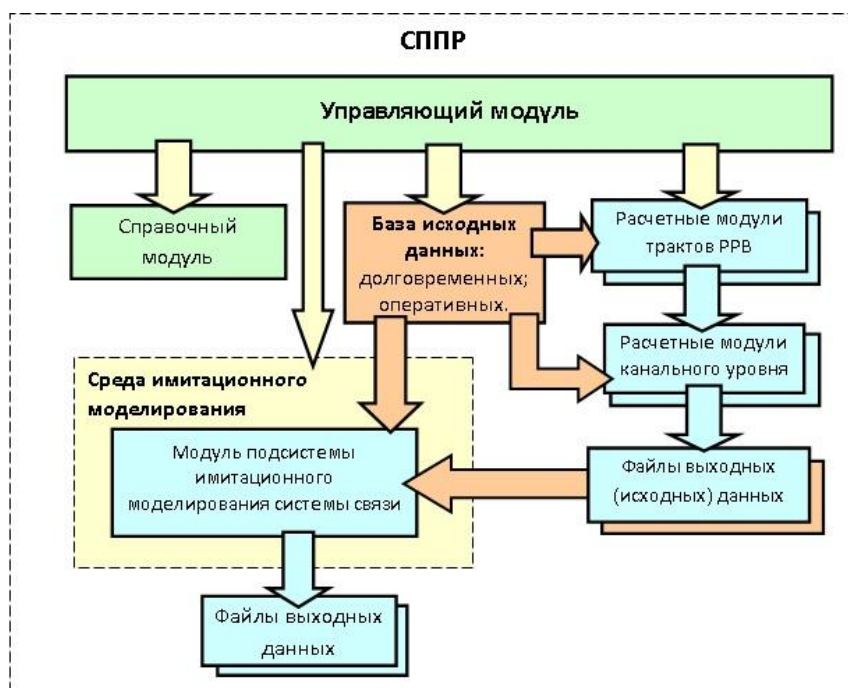


Рис. 2. Структура СППР для ПУС тактического звена ВМФ в автономной архитектуре

Наиболее сложной с точки зрения функционала и проблематичной с точки зрения управления модулем в данном пакете, несомненно, является модель сетевого уровня и соответствующая подсистема ИМ тактической связи.

Взяв за основу идею создания специализированных моделей ИМ телекоммуникационных систем [10], модель СТС ВМФ, в общем случае, может быть представлена набором типовых узлов и радиолиний связи. Функционально каждый УС (в нотации GPSS Studio – типовой элементарный блок – ТЭБ) должен быть разделен на передающую и приемную части, а в набор типовых радиолиний в настоящее время следует, на наш взгляд, включить до пяти различных алгоритмов передачи данных (рис.3), также представленных в виде ТЭБов:

- слуховая телеграфия (СЛХ ТЛГ);
- односторонняя (без решающей обратной связи) автоматизированная передача коротких телеграфных сообщений (СБД);
- двухсторонняя (с решающей обратной связью) передача данных с помощью узкополосных сигналов (ПД-РОС-УПС);
- двухсторонняя (с решающей обратной связью) передача данных с помощью широкополосных сигналов (ПД-РОС-ШПС);
- односторонняя (без решающей обратной связи) передача данных с помощью узкополосных сигналов (ПД-без РОС УПС);
- односторонняя (без решающей обратной связи) передача данных с помощью широкополосных сигналов ПД с реализацией многостанционного доступа к общему радиоканалу с временным разделением (ПД-без РОС ШПС-МДВР) [2].

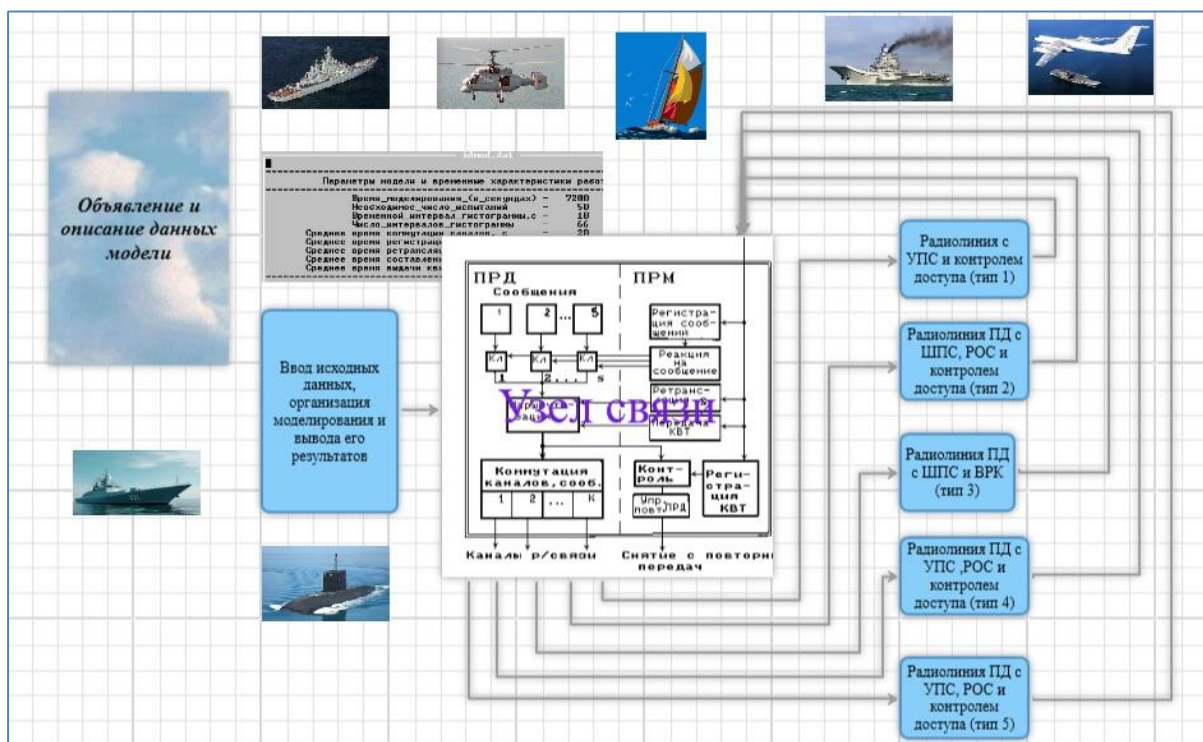


Рис. 3. Структура ИМ системы связи тактического звена ВМФ в нотации GPSS Studio

В общем случае процесс прохождения любого сообщения по элементам системы ТС может включать в себя последовательность следующих операций и событий:

- формирование (составление) сообщения на ПУ и его адресование;
- шифрование (при необходимости) в органе скрытого управления;
- поступление на пост (средства) связи, регистрация, назначение (или выбор свободного) канала передачи;

- вхождение в связь (или ожидание) при передаче в сетях связи с контролируемым доступом или подготовка к передаче в сетях связи с неконтролируемым доступом с одновременным использованием засекречивающей аппаратуры;
- передача сообщения сети связи в соответствии с назначенным или присущим для данной сети способом (протоколом);
- ожидание подтверждения при квитанционном обмене и повторение передачи этого же сообщения в случае его отсутствия за отведенное способом передачи время;
- прием однократного переданного сообщения в целом с вероятностью, определяемой помехоустойчивостью используемого канала передачи вторичной сети;
- передача квитанции на принятое сообщение (при квитанционном обмене) и его регистрация на посту (в средствах учета) связи;
- ретрансляция принятого сообщения, если таковая предполагается для данного типа сообщения;
- расшифровка сообщения (при необходимости);
- поступление на ПУ адресата, анализ его содержания и формирование на него сообщения - реакции (если это предусмотрено для сообщения поступившего типа).

Поэтому структурная схема передающей части сегмента модели «УС», который является базовым для модели СТС, должна состоять из набора операторов GPSS, имитирующих работу источников типовых сообщений ПУ, маршрутизатора и коммутатора каналов (или сообщений, пакетов), а его приемная часть – из операторов, моделирующих регистрацию принимаемых сообщений; выдачу на них соответствующей реакции (квитанции или сообщения), ретрансляцию (в случае необходимости) и снятие сообщений с повторных передач при приеме на них сообщений типа «квитанция» (рис.4).

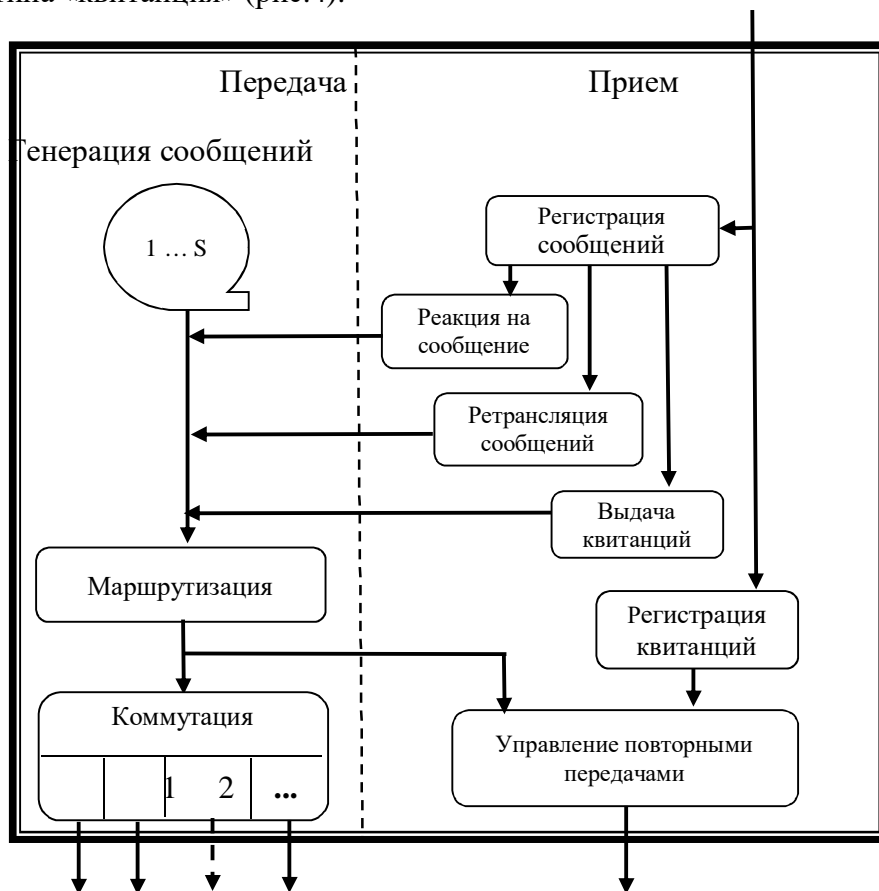


Рис. 4. Структура ИМ модуля «УС» системы тактической связи

В качестве примера реализации в виде ТЭБов GPSS Studio сегментов модели, имитирующих работу радиолиний, можно привести фрагмент имитационной модели односторонней (без решающей обратной связи) передача данных с помощью широкополосных сигналов и организацией многостанционного доступа к общему радиоканалу с временным разделением [2] (рис.5). Алгоритм данной модели, в частности, предполагает:

- генерацию потока сообщений с заданными параметрами: интенсивностью, объемом и приоритетом на  $i$ -ом узле связи (в модуле их формирования);
- определение отличительного признака квитанции на сообщение (блок 1), зафиксированное в блоке 19 и отправку ее сразу на передачу (блок 11);
- учет случайных значений времени набора текста сообщения (блок 2) и вхождения в связь (синхронизации технических средств связи) - блок 6;
- присвоение одному из параметров сообщения начального значения счетчика чис-ла передач 1 (блок 3);
- снятие копии сообщения (блок 5) для последующих (в случае квитанционного обмена – блок 4) повторных передач;
- размножение по числу УС-получателей (блоки 7 и 9), присвоение им условных адресов и записи их в соответствующий параметр сообщения (блок 8);
- подсчет числа переданных сообщений данного типа за один опыт (блок 10);
- занятие очереди к радиоканалу (блок 11) и ее освобождение (блок 13);
- занятие заданного (блок 14) ресурса радиоканала (блок 15) на время передачи не-обходимого числа кадров сообщения и его освобождение (блок 16);
- определение вероятности приема однократно переданного кадра или КВТ каждой пары корреспондентов (блок 17) и отправка их с этой вероятностью (блок 18) на вход модуля регистрации соответствующих ( $j$ -х) УС-адресатов (блок 19);
- задержку копии сообщения на время цикла ВРК для осуществления повторной передачи при квитанционном варианте (блок 21), увеличение счетчика повторов на 1 (блок 22), проверку его предельного значения (блок 23);
- проверку доставки сообщений адресатам по приему КВТ (наличие в адресной группе матрицы УС-отправителя 1 блоки 24-27), повторную отправку копии на передачу в эти адреса (к блоку 11) или ее удаление (в блоке 20) при прекращении этого процесса).

Наличие в составе среды GPSS Studio средств оформления пользовательского интерфейса и собственного встроенного компилятора дает возможность, далее, реализовать данный модуль в формате выполняемого файла и получить в сочетании с интерпретатором GPSS World самостоятельную специализированную подсистему ИМ СТС ВМФ. С помощью модуля управления СППР, в этом случае, к ней можно будет обращаться, как на заключительном этапе анализа эффективности вариантов построения СТС по показателям своевременности процесса связи, так и напрямую – для проведения отдельных исследований ее вероятностно-временных характеристик.



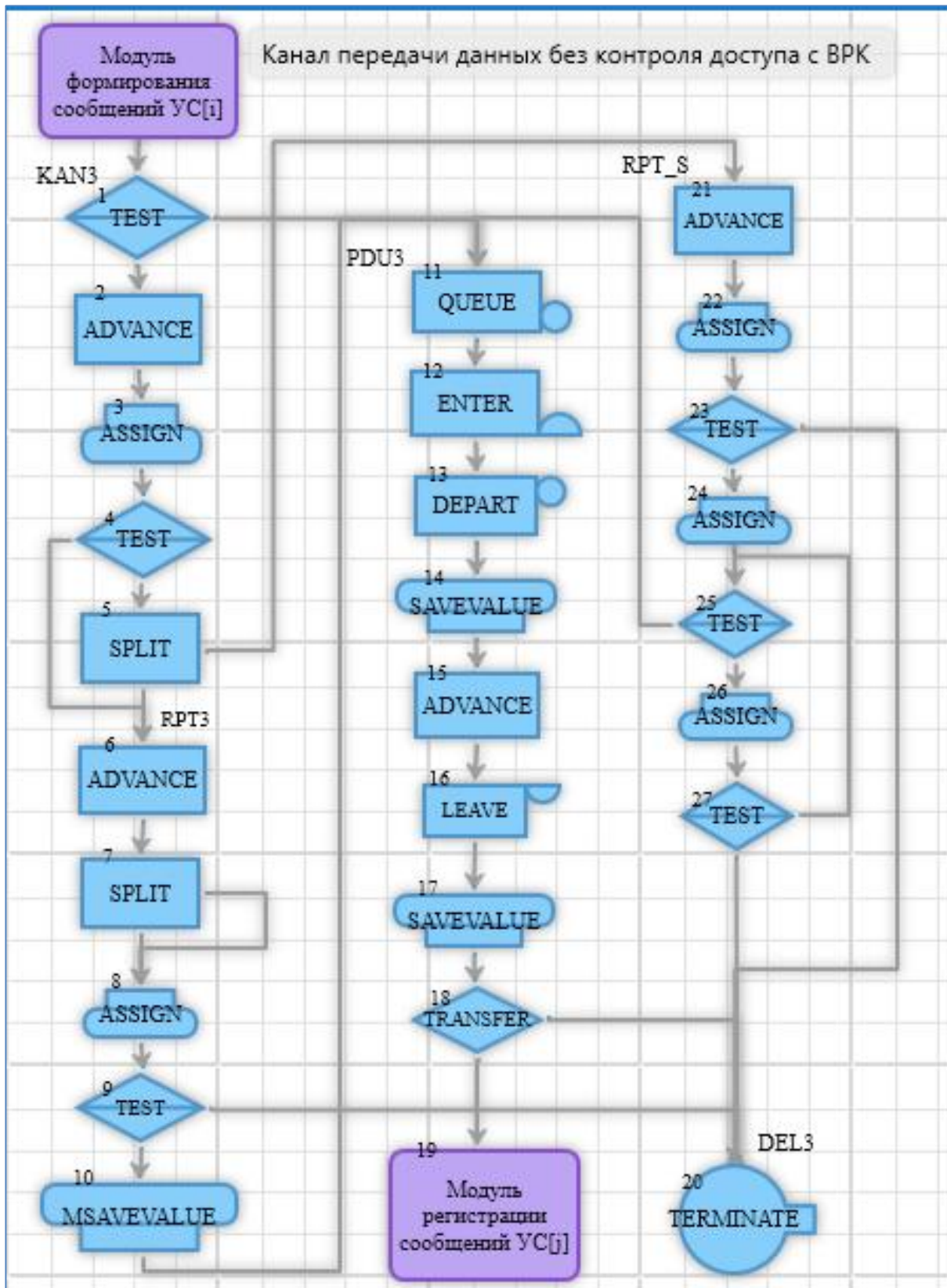


Рис. 5. Блок-схема канального фрагмента имитационной модели радиосети с ВРК-ШПС в нотации GPSS

## Литература

1. **Пуха Г.П.** Системы интеллектуальной поддержки принятия решения – инновационное направление исследований и подготовки специалистов в области ИТ. / Доклад на VIII-й Санкт-Петербургской межрегиональной конференции 23-25.10.2013 г. «Информационная безопасность регионов России-2013», стр. 193. – СПб: СПОИСУ, 2013. – 293 с.
2. **Пуха Г.П.** К вопросу о реализации взаимодействия аналитических и имитационных моделей в рамках единого программного комплекса // В сборнике: Имитационное моделирование систем военного назначения, действий войск и процессов их обеспечения. Труды конференции. 2020. С. 229-232.
3. **Пуха Г.П.** Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решений. СПб: СМНО-Пресс, 2012. 337 с.
4. **Драчёв Р.В., Попов П.В., Пуха Г.П.** Построение систем интеллектуальной поддержки принятия решений в интересах управления связью ВМФ с использованием метода управления элементами сложных радиоэлектронных систем. В журнале Военно-Морского Флота «Морской сборник» №11(2012) 2014 г., С. 41-47.
5. **Пуха Г.П.** Технологии реализации систем поддержки принятия решения / Учебник. – СПб: ВУНЦ ВМФ «ВМА», 2018. –224 с.
6. **Пуха Г.П.** Моделирование систем/Учебное пособие.– СПб: СПбГЭУ, 2020. –279 с.
7. **Девятков В.В.** Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под ред. д-ра экон. наук В.В. Девяткова. М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. 283 с.
8. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 30.08.2021. URL <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 30.09.2021).
9. **Пуха Г.П.** К вопросу об использовании системы поддержки принятия решений в работе пунктов управления связью флотов. // В журнале «Морская радиоэлектроника». № 2(72) июнь 2020. С. 10-13.
10. **Пуха Г.П.** Оценка эффективности автоматизированных радиолиний и сетей передачи данных тактического звена управления ВМФ: монография / Г.П. Пуха, С.М. Пищальников. Санкт-Петербург, ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова». 2021. 442 с.