

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 621.385.624

**В.П. Панов, А.А. Шишков, В.И. Юркин, В.П. Рыбачек,  
П.М. Мелешкевич, В.И. Пугнин, Е.А. Стройков, А.Н. Юнаков**

**О СОЗДАНИИ ПРИБОРОВ С БОЛЬШИМИ УГЛАМИ ПРОЛЕТА  
ЭЛЕКТРОНОВ**

*Проведен обзор основных работ по приборам с большими углами пролета: диода и монотрона. Сообщается о разработке первого экспериментального монотрона с выходной импульсной мощностью 100 кВт и средней 2 кВт, на длине волны 5,5 см, а также другого прибора моноotronного типа с мощностью 200 кВт и КПД 30 %.*

**Ключевые слова:** моноотрон, большая мощность.

**Цель.** Анализ основных работ и сообщение о создании экспериментальных образцов приборов.

**Анализ работ.** Все выпускаемые в настоящее время вакуумные приборы СВЧ, основанные на взаимодействии прямолинейных электронных потоков с полями резонаторов, имеют пространства взаимодействия электронов с полем в виде узких высокочастотных зазоров с углами пролета примерно  $\theta = 2\pi(\tau/T) \approx \pi/2$ , т. е. время пролета  $\tau$  равно четверти периода  $T$ . Для улучшения параметров применяются клистроны с большим числом резонаторов (6 и до 14), длина таких приборов до полутора метров.

Однако еще в 1928 году наметилось и другое направление в создании приборов СВЧ. Бэнхем [1] разрабатывал теорию проводимости диода на различных частотах и обнаружил, что при углах пролета свыше  $2\pi$  возникает отрицательная электронная проводимость, что позволяет получить самовозбуждение колебаний, т.е. создать на диоде генератор СВЧ. Такой генератор подкупает своей простотой, малыми габаритами, массой, стоимостью. Все электронные процессы в нем (эмиссия, образование переменного тока, возбуждение резонатора) происходят в одном пространстве взаимодействия. Генераторы СВЧ на основе диода создавались Саханеком, Мюллером, но наилучшие результаты были достигнуты Левеллином и Боуэном в 1939 году [2, 3]. Разработанные диод-генераторы имели КПД 0,1-0,2 % и позволяли получить мощность до 0,3 Вт. С теоретической точки зрения это был большой успех, так как была

доказана справедливость теории проводимости. Однако слишком малый КПД не позволяет применять такие диоды. Отсюда следует главная задача при осуществлении таких приборов – доведение КПД до значений, обеспечивающих их конкурентоспособность. При этом простота конструкции может сыграть решающую роль в получении рекордных результатов.

В последнее время возобновились исследования, направленные на увеличение КПД диод-генератора и использование автоэлектронной эмиссии. На кафедре электронных приборов в РГРТУ проведено компьютерное моделирование диод-генератора при больших амплитудах, которое показало возможность увеличения КПД до 12 %.

В 1932 г. в журнале французской Академии наук была опубликована статья профессора МГУ А.А. Витта [4, 5], в которой было показано, что возникновение отрицательной проводимости в диоде возможно и при постоянном токе катода. Это означало, что самовозбуждение колебаний может возникать и в других электронных промежутках с постоянным током на входе. К сожалению, эта работа в нашей стране была практически неизвестна, вероятно «вследствие печальной ошибки», как сказано в предисловии ко второму изданию известной монографии «Теория колебаний»<sup>1</sup>. Более того, в списке литературы [6, с.81] под №29 значатся странные инициалы «Witt В.С.», в то время как в оригинале «Witt А.»

<sup>1</sup>А.А. Витт не был указан в числе авторов первого издания.

В 1937 г. Хольман и Тома [7,8] рассматривали прохождение ускоренного потока через промежуток между двумя сетками, называемый тогда «двойной слой», образующий пространство взаимодействия резонатора (рисунок 1). В последующей работе Мюллера [9] такой

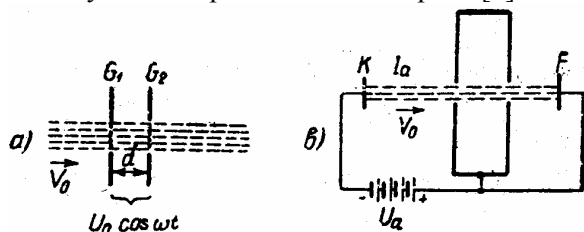


Рисунок 1 - [8]

прибор был назван моноконтуром (monocircuit). В 1942 г. Хансен и Р. Вариан получили патент США на прибор с более благозвучным названием «монотрон» по заявке, поданной в 1938 г. [10]. Основное отличие монотрона состоит в форме резонатора в виде усеченного конуса, что усиливает электрическое поле у выхода из пространства взаимодействия и увеличивает КПД (рисунок 2).

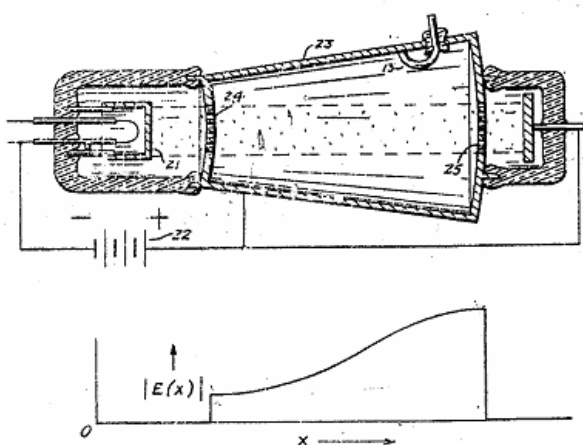


Рисунок 2 - [10]

В книге В.Н. Шевчика [11], изданной в 1959 г., были приведены сведения и упрощенный рисунок из патента [10]. Далее отмечалось: «с таким генератором была получена выходная мощность 500 Вт в импульсе на волне длиной 6 см при КПД порядка 1 %» со ссылкой на книгу Варнека и Генара [12], где указывается, что данные взяты из отчета США, составленного А. Grundbaum по немецким работам во время войны. Таким образом, эти сведения претерпели 3 перевода: с немецкого на английский, с английского на французский и с французского на русский. В русском переводе [11] имеются две неточности по сравнению с французским, которые отмечены курсивом в вышеприведенном переводе. Прежде всего по этому поводу в монографии [12] из 792 страниц имеется всего

одна фраза, которая относится не к патенту США [10], а к работе Мюллера [9]. Другая неточность связана с тем, что французская фраза составлена в сослагательном наклонении, что означает условность, предположение. Более правильный перевод: «Хотя такая схема позволяет получить...». Скорее всего, эта фраза означает не результат экспериментальной разработки, а оценку возможностей монотрона. Неизвестны: авторы, год, особенности прибора, очень важный для монотрона параметр – первеанс и т.д. Если бы монотрон был осуществлен, то это вызвало бы такой же резонанс, как и работа Левеллина, тем более, что приведенные данные КПД и мощности монотрона на порядок больше, чем у диода Левеллина. Были изучены другие источники и в первую очередь авторов монографии [12] Варнека и Генара. В большом обзоре [23], составленном Варнеком и Генаром в соавторстве с американскими коллегами, о монотроне сделано следующее заключение: «... Об успешной реализации таких приборов сообщений нет». В опубликованном несколько позже обзоре Варнека [13] сообщается на основе статей [1] и [2] о генерации на диоде, приводится рисунок диода Левеллина как простейшего генератора СВЧ, однако никаких сведений по монотрону нет.

Из всего этого можно заключить, что утверждение об осуществлении монотрона не обладает достаточной степенью достоверности.

Возможности повышения КПД монотрона примерно до 20 % при необычно больших амплитудах напряжения  $\xi = U_m / U_0$  были вначале

показаны в чисто теоретических работах, основанных на аналитических методах [9,14], и позже на основе более точного математического моделирования, основанного на дискретной модели электронного потока, в [15] и НИР, выполненных в РГРТА по грантам в 1992-1995 гг., а также с 2004 г.

В последние годы проводились исследования процессов в приборах с большими углами пролета Кураевым и Сеницыным [16], а также группой авторов под руководством Баррозо (Бразилия), которые опубликовали около десятка работ в этом направлении. Общим недостатком этих работ являются большие значения  $\xi \approx 8$ , что весьма трудно реализовать при приемлемом КПД прибора.

Представляют интерес бразильские работы: по монотрону для сферического токамака и прибору со ступенчатым профилем электрического поля [17,18]. Наиболее близким к осуществлению является монотрон, который разра-

батывается уже около 10 лет. В 2009 году был сделан доклад на конференции IEEE с описанием различных узлов и деталей прибора [19]. Однако сведения о том, что этот прибор работает, не приводятся.

Есть сведения о неудачных попытках самовозбудить монотрон [14, 20 – *первое издание*], видные специалисты высказывали сомнения в возможности осуществления амплитуд напряжения, значительно больших, чем постоянное [21]. Эти сомнения основаны на том, что в отрицательный полупериод при  $U_m \gg U_0$  под действием СВЧ поля электроны могут остановиться, повернуть назад и при этом будут отбирать энергию от СВЧ поля. В результате амплитуда напряжения будет снижаться. При торможении и обратном движении электронов влияние пространственного заряда возрастает, и этим пренебрегать нельзя. В монографии [22] при оценке в монотроне максимального электронного КПД выбирается ограничение  $\xi = 1,15$  (как в клистроне).

Из обзора следует, что за 80 лет, прошедших после первой публикации, достоверно известно об осуществлении только одного типа приборов с большим углом пролета – диода-генератора Левеллина со столь малым КПД (0,2 %), что это не позволяет использовать такой прибор на практике.

**Экспериментальные образцы.** Авторы настоящей работы разработали и испытали в 2006 г. экспериментальную конструкцию монотрона. Конструкция позволяла в готовом приборе увеличивать первеанс в 1,5 раза по сравнению с исходной электронно-оптической системой. Также можно было изменять связь с нагрузкой. Была получена выходная импульсная мощность 100 кВт при средней 2 кВт на длине волны 5,5 см. Математическое моделирование и эксперимент подтверждают работу прибора в режиме больших амплитуд при  $\xi = \frac{U_m}{U_0} \approx 4$ .

В настоящее время проводятся испытания более сложной модели прибора монотронного типа. Получены выходная импульсная мощность 200 кВт и КПД 30 %. Моделирование приборов с большими углами пролета показало возможность увеличения их КПД до 60 %.

В учебнике И.В. Лебедева [20] приведена схема основных направлений генерирования колебаний СВЧ, в которые вошли диод и монотрон с оговоркой, что они помещены «с принципиальной точки зрения», т.е. как принципиально возможные приборы. Создание первых двух приборов монотронного типа снимает приведенную выше оговорку.

**Заключение.** Создание двух приборов с КПД, в 150 раз большим, чем у диода Левеллина, позволяет считать осуществимым направление генерации колебаний СВЧ при использовании больших углов пролета в резонаторах. Приборы этого направления имеют простейшую конструкцию, малые габариты, массу, стоимость. Большие размеры пространства взаимодействия приборов способствуют получению больших мощностей, а также работе в миллиметровом диапазоне волн.

#### Библиографический список

1. *Benham W.E.* Theory of the internal action of thermoionic System at moderately high frequencies // *Phil. Mag.* V5, March, 1928. P.641-662.
2. *Llewellyn F., Bowen A.* Ultra-high-frequency oscillations by means of diodes//*B.S.T. Journal*, V.17, P.49-79, Jan.1938.
3. *Левеллин Ф.Б.* Инерция электронов: пер. с англ. ОГИЗ, ГИТТЛ, 1946.232 с.
4. *Witt A.* Генерация колебаний на СВЧ // *Compt. Rendus*, 1932. P.1005-1007.
5. *Панов В.П., Леднева И.В.* К истории создания приборов СВЧ с электродинамическим управлением// Информационные технологии в электронике. Рязань: РГРТА, 2004. С. 17-24.
6. *Клеен В.* Введение в электронику СВЧ: пер. с англ. М.: Сов. радио, 1963.
7. *Хольман Х., Тома А.* Динамика управляемого пучка // *Zeitschrift fur Hochfrequenztechnik*, 49. 1937. С.109, 145, 204.
8. *Хольман Х.* Генерирование и усиление дециметровых и сантиметровых волн: пер. с нем. М.: Советское радио. 1948. 130 с.
9. *Мюллер, Ростас* Генератор с временем пролета и объемным резонатором // *Helvetica Physica Acta*, 1940. С.435.
10. *Хансен В., Варриан Р.* Electron Beam Oscillator. Патент США №2.269.456 Выдан 13.01.1942.
11. *Шевчик В.Н.* Основы электроники СВЧ. М.: Советское радио, 1959. 306 с.
12. *Warnecke R., Guenard P.* Les tubes electroniques a commande par modulation de vitesse./ Paris, 1951. 792 с.
13. *Варнеке Р.* Эволюция принципов действия современных электровакуумных приборов для СВЧ // Миллиметровые и субмиллиметровые волны (под ред. Р.Мириманова): Сборник. М.: ИИЛ, 1959. С.11-78.
14. *Лопухин В.М.* Возбуждение электронных колебаний и волн электронными потоками. М., 1953.
15. *Панов В.П., Кутузова И.В.* Взаимодействие несгруппированного потока с высокочастотным полем зазора // Электронные приборы: межвуз. сб. Рязань: РРТИ, 1992. С.93
16. *Кураев А.А., Ситицын А.К.* Коаксиальный диодный генератор-диотрон // *Радиотехника и электроника*, 1997, №2. С.214.
17. *Barroso J.* Stepped Electric-Field Profiles in Transit-time Tubes *IEEE Trans. Electron devise.* Vol 52.

№5. May 2005.

18. Barroso J. Design of a Two-Cavity Monotron//IEEE 2009, P. 433, 434.

19. Barroso J., Castro P., Rossi Y., Gonsales J. Research and Development in High-Power 6, 7 GHZ Monotron// IEEE 2009. P. 431, 432.

20. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. 1-е изд. М.: Энергия, 1964, 2-е изд. М.: Энергия, 1972.

21. Гайдук В.И. Радиотехника и электроника. М., 1966. Т.11. С.219.

22. Гайдук В.И., Палатов И.В., Петров Д.М. Физические основы электроники СВЧ. М., 1971. 600 с.

23. Warnecke R., Chodorow M., Guenard P., Ginzton E. Velocity Modulation Tubes// Advances in Electronics. Vol.3. P.49. Acad. press. 1951, N.Y.

УДК 658.562

**И.В. Сигинов, С.А. Батуркин, В.А. Зименко, Е.Ю. Батуркина**

## **УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА**

*На основе системы менеджмента качества Рязанского государственного радиотехнического университета (РГРТУ) разработан процессный ландшафт системы дистанционного обучения РГРТУ и описаны основные процессы сопровождения дистанционного обучения.*

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, система дистанционного обучения, система менеджмента качества, процессный ландшафт, центр дистанционного обучения.

**Введение.** Цель работы – создать модель управления системой дистанционного обучения на основе принципов системы менеджмента качества РГРТУ.

Современное общество, рассматриваемое как информационное общество и общество знаний, предъявляет новые требования к высшему образованию. Поэтому встает вопрос о системной оптимизации учебного процесса, об использовании новых программ, более эффективных форм, средств и методов обучения, так как от этого зависит уровень подготовки специалиста, который является показателем качества современного высшего образования. Дистанционная форма обучения все увереннее заявляет о себе, особенно в высшем образовании. Давно просчитано, что экономически это более выгодная форма обучения по сравнению с очной формой. Это и более демократичная форма обучения, поскольку любой человек при сравнительно небольших материальных затратах может получить профессию, повысить квалификацию, переориентироваться в профессиональной деятельности, дополнить свое образование новыми областями знаний и т.д.

Таким образом, у нас на глазах меняются миссия, цели и задачи высшего учебного заведения. Жесткая конкуренция на рынке заставляет, с одной стороны, снижать стоимость обучения, а с другой - повышать качество

образовательных услуг. Сделать это можно только за счет использования новых интенсивных методов обучения и новых технологий, среди которых особое место занимает технология дистанционного обучения.

В настоящее время в РГРТУ ведется активная работа по созданию системы дистанционного обучения (СДО). Основой общей системы управления образовательным процессом дистанционного обучения служит система менеджмента качества РГРТУ. Сформируем основные принципы системы менеджмента качества для дистанционного обучения:

- ориентация на потребителя – стандарты, требования, профессиональные компетенции специалиста;
- лидерство руководителя – обеспечит единство цели и соответствующую направленность деятельности всех учебных, обеспечивающих структур системы дистанционного обучения;
- системный подход к управлению дистанционным обучением – обеспечит гарантированное достижение целей обучения;
- постоянное совершенствование – улучшение деятельности СДО как постоянная слагаемая повседневной деятельности;
- принятие решений, основанное на фактах – обеспечит конкретность, адекватность управления СДО;

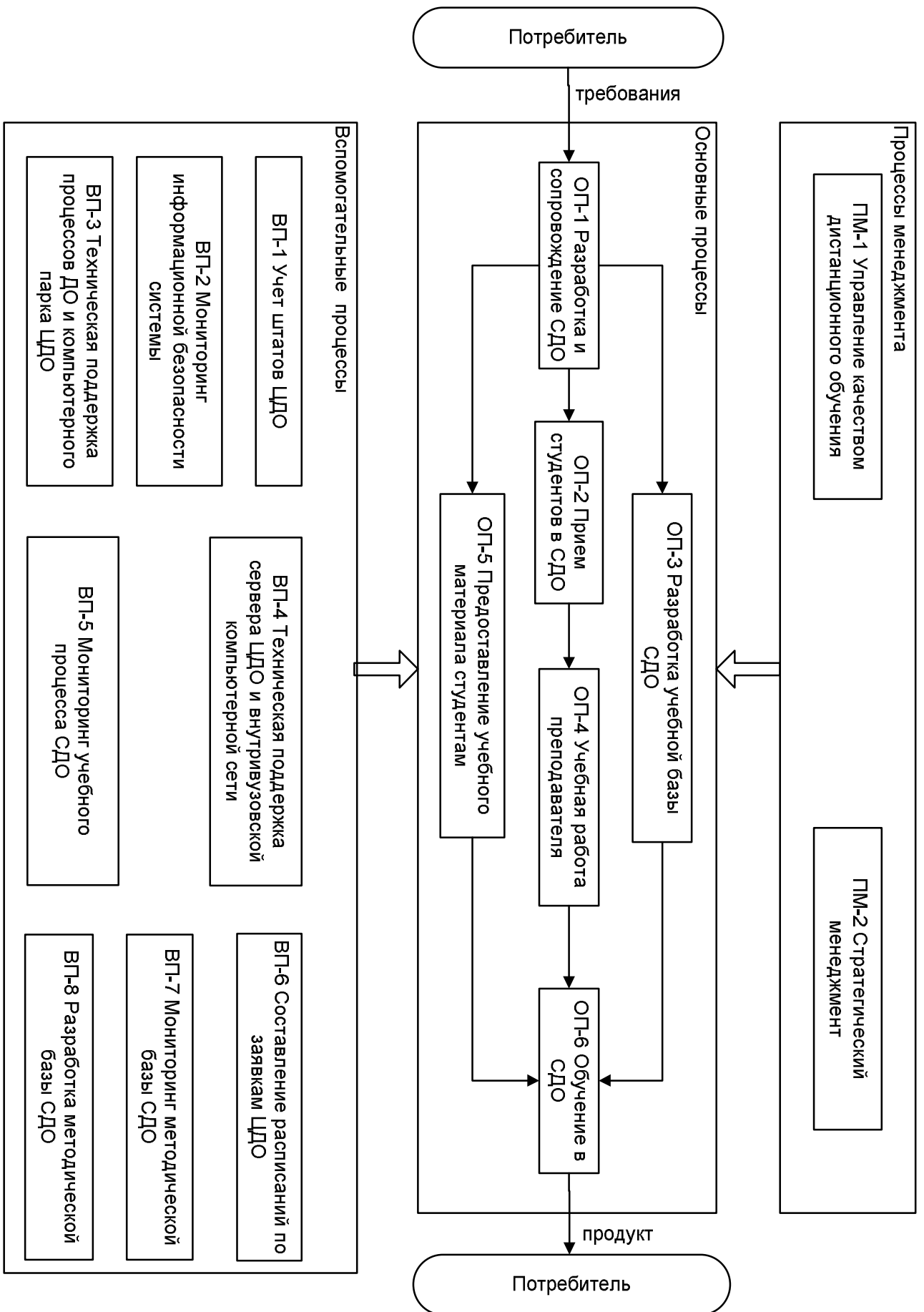


Рисунок 1 – Процессный ландшафт системы дистанционного обучения РГРТУ

- взаимовыгодные отношения с поставщиками
- обеспечит поддержку информационного обмена с субъектами профессионального сообщества о характере, особенностях профессиональной деятельности специалистов, что повысит способность обеих сторон вести эффективную, результативную деятельность;
- процессный подход – обеспечит управление деятельностью и ресурсами СДО как взаимосвязанными процессами [1].

### Процессы сопровождения СДО РГРТУ.

Одним из основных направлений создания эффективной системы управления является применение процессного подхода к организации и управлению деятельностью [2].

По уровню процессы можно разделить на вспомогательные процессы, основные процессы, процессы менеджмента [3]. На рисунке 1 представлен процессный ландшафт, отражающий виды и взаимосвязь процессов дистанционного обучения.

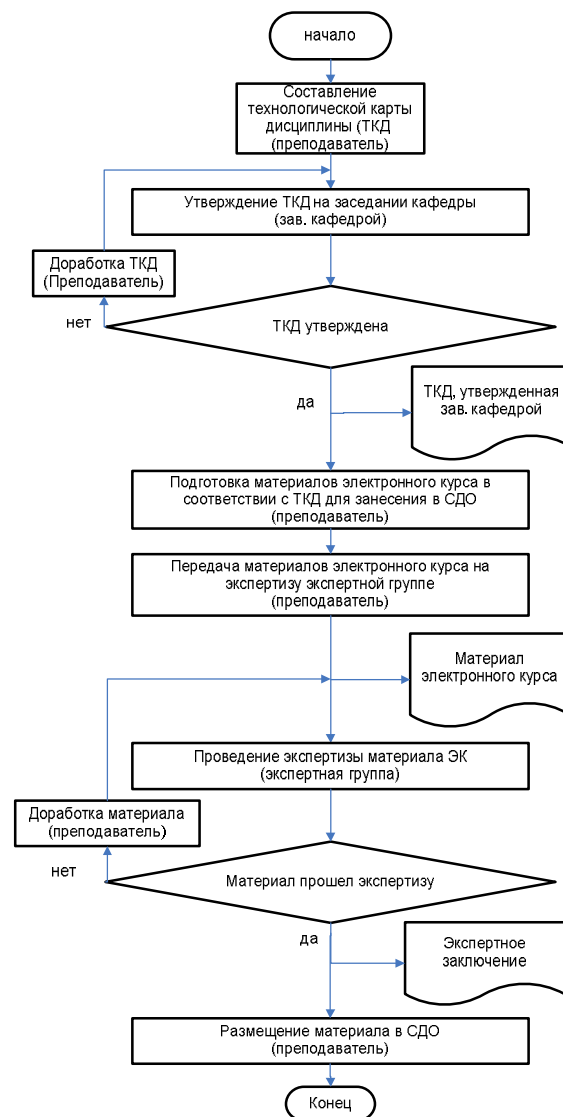
Рассмотрим представленные процессы.

*Основными процессами СДО являются:*

- ОП-1 разработка и сопровождение СДО «Академия». Ответственный за процесс – центр новых информационных технологий РГРТУ, на основе информации от пользователей системы происходит постоянное совершенствование СДО;
- ОП-2 прием студентов на обучение в СДО, ответственный за процесс – центр дистанционного обучения (ЦДО) РГРТУ;
- ОП-3 разработка учебной базы СДО, ответственный за процесс – преподаватель. Основой разработки учебной базы СДО является создание и размещение в СДО электронных курсов (ЭК), процесс представлен блок-схемой (рисунок 2), на этапе разработки проводится экспертиза материалов ЭК, этот этап процесса направлен на повышение качества подготовки ЭК;
- ОП-4 учебная работа преподавателя, ответственный за процесс – преподаватель;
- ОП-5 предоставление учебного материала студентам, ответственный за процесс – ЦДО.

*Вспомогательными для СДО РГРТУ являются процессы:*

- ВП-1 учет кадров, ответственный за процесс – отдел кадров РГРТУ;
- ВП-2 мониторинг информационной безопасности системы, ответственный за процесс – проректор по режиму и безопасности РГРТУ;
- ВП-3 техническая поддержка процессов дистанционного обучения и компьютерного парка ЦДО, ответственный за процесс – информационно-вычислительный центр РГРТУ;



**Рисунок 2 – Процесс подготовки и размещения материалов электронного курса в СДО**

- ВП-4 техническая поддержка сервера ЦДО и внутривузовской компьютерной сети, ответственный за процесс – отдел корпоративной информационной сети РГРТУ;
- ВП-5 мониторинг учебного процесса СДО, ответственный за процесс – проректор по учебной работе РГРТУ, проводится анализ результатов текущего и итогового контроля успеваемости обучающихся.

### Процессы управления СДО РГРТУ.

*Основой управления СДО являются процессы менеджмента:*

- ПМ-1 управление качеством дистанционного обучения, ответственный за процесс – служба качества РГРТУ. На основе мониторинга качества профессиональной компетенции специалиста позволяет выработать, внести своевременные изменения в содержание и технологию дистанционного обучения;

– ПМ-2 стратегический менеджмент, ответственный за процесс – ученый совет. На основе полной информации о ходе учебного процесса и рекомендаций по развитию дистанционного обучения формируются решения по дальнейшему развитию СДО РГРТУ.

Процессы управления направлены на развитие СДО и непрерывное повышение качества подготовки специалиста, что является основой принципа постоянного совершенствования.

**Заключение.** Предложенная структура в полной мере отражает виды и взаимосвязь процессов дистанционного обучения, прописаны ответственные за каждый процесс, понятна и общая структура процессного ландшафта.

Процессы ориентированы на принципы сис-

темы менеджмента качества РГРТУ и описывают функционирование системы дистанционного обучения от разработки СДО до обучения специалиста.

Предложенная структура является основой типового решения в области систем дистанционного обучения для вузов и может быть использована для тиражирования и масштабирования.

#### *Библиографический список*

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2001 Системы менеджмента качества. Требования.

2. ISO/NC 176/SC 2/N 544R Руководство по процессному подходу к системам менеджмента качества, 2001

3. Положение о системе дистанционного обучения РГРТУ РД КСЦЦ 7.2.3-01 -09.

УДК 681.335.4

*О.Г. Светников, С.А. Сериков*

## **СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЯХ СРЕДСТВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*Рассматриваются вопросы использования системы поддержки принятия решений при проведении наземных испытаний изделий ракетно-космической техники; описываются основные компоненты системы; приводится метод решения задачи поддержки принятия решения.*

**Ключевые слова:** *принятие решений, наземные испытания, информационная поддержка.*

**Постановка задачи.** Сокращение сроков подготовки и проведения наземных испытаний изделий ракетно-космической техники (РКТ) может быть достигнуто за счет эффективного управления процессами испытаний и информационного сопровождения жизненного цикла изделия. Это требует разработки и внедрения методики создания автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР) при планировании и управлении испытаниями ракетносителей и разгонных блоков.

Опыт создания подобных систем показывает, что для информационной поддержки действий лиц, принимающих решения, в процессе испытаний РКТ необходима вполне определённая информация: описание исходных данных; протоколы текущего и ранее проведенных сеансов испытаний; фрагменты измерительной информации, соответствующие аномальным ситуациям; перечни мер по поиску и устранению

неисправности; ссылки на документацию, описывающую неисправный элемент.

**Требования к СППР.** Основные функции СППР состоят в помощи лицам, принимающим решения, а именно:

- анализ сложившейся ситуации;
- выявление предпочтений с учетом неопределенности ситуации;
- генерация возможных решений (альтернатив);
- анализ последствий принимаемых решений;
- выбор лучшего варианта.

Исходя из этих функций СППР должна обеспечивать:

- оперативное и долгосрочное планирование всех видов работ при испытаниях РКТ;
- формирование информации, необходимой для поддержания всех систем РКТ в исправном состоянии;
- оперативное принятие решений на основе информации, полученной в ходе испытаний;

– информационную поддержку процесса доработок изделий РКТ в ходе комплексных испытаний;

– поиск и регистрацию неисправностей в бортовых системах и наземном технологическом оборудовании с целью дальнейшего прогнозирования их состояния;

– контроль качества обслуживания и ремонта на стартовых и технических комплексах;

– учет руководящих документов по вопросам эксплуатации космических средств;

– учет поставляемой проектной и эксплуатационной документации, предложений в программы летно-космических испытаний;

– анализ нештатных ситуаций и оперативную подготовку решений.

При реализации информационно-поисковых функций СППР должна обеспечивать:

– накопление и представление данных о космических средствах и наземном технологическом оборудовании;

– хранение информации по техническому состоянию, выявленным замечаниям, неисправностям и отказам космических средств;

– ведение и контроль данных по рекламациям и доработкам космических средств;

– сбор, хранение и представление данных по составным частям РКТ для работы комиссий по рекогносцировке, макетированию и дальнейшему развитию ракетно-космических комплексов;

– накопление информации по характеристикам технических и стартовых комплексов, изделиям РКТ, проведенным работам и представление оперативной информации о готовности объектов.

Исходя из этих функций СППР при проведении наземных испытаний, подготовке к пуску и пуске изделий РКТ должна также обеспечивать выполнение задач моделирования.

#### **Формальная модель принятия решений.**

В общем виде математическая модель решения поставленной задачи формулируется следующим образом. Необходимо выбрать одно из множества решений  $X$  из области  $\Omega_X$  их допустимых значений. Каждое выбранное решение оценивается совокупностью критериев  $f_q$ ,  $q = 1, \dots, k$ , которые могут различаться своими коэффициентами относительной важности  $\lambda_q$ ,  $q = 1, \dots, k$ . Критерии  $f_q$ ,  $q = 1, \dots, k$ , называемые локальными, образуют интегральный или векторный критерий оптимальности  $F = F(f_q; q = 1, \dots, k)$ . Коэффициенты  $\lambda_q$ ,  $q = 1, \dots, k$  образуют вектор

важности  $\Lambda = \Lambda(\lambda_q; q = 1, \dots, k)$ . Каждый локальный критерий характеризует некоторую локальную цель принимаемого решения.

Оптимальное решение  $X$  может быть представлено как

$$\bar{F} = F(\bar{X}) = \underset{X \in \Omega_X}{opt} [F(X), \Lambda],$$

где  $\bar{F}$  – оптимальное решение интегрального критерия, *opt* – оператор оптимизации.

Область допустимых решений  $\Omega_X$  может быть разбита на две непересекающиеся части:  $\Omega_X^C$  – область согласия, в которой качество решения может быть улучшено одновременно по всем локальным критериям;  $\Omega_X^K$  – область компромиссов, в которой улучшение качества решения по одним локальным критериям приводит к ухудшению по другим.

Очевидно, что оптимальное решение может принадлежать только области компромиссов, так как в области согласия решение может и должно быть улучшено по соответствующим критериям. Выделение области компромисса сужает область возможных решений, но для выбора единственного решения необходимо выбрать схему компромисса, т.е. раскрыть смысл оператора *opt*.

Задачи принятия решения при наземных испытаниях РКТ являются многокритериальными. Известны методы их решения [1-5]. Они отличаются способом представления и обработки экспертных знаний. Подход к проблеме выбора может основываться на отношениях порядка среди альтернатив (классическая модель принятия решений, в которой каждой альтернативе ставится в соответствие некоторое число) или на отношениях включения (поведенческая модель, основанная на принадлежности альтернатив к некоторому множеству). Среди методов классического подхода наибольшей универсальностью и теоретической обоснованностью обладают методы теории полезности [3], методы теории нечетких множеств [1, 4].

В нашем случае для реализации СППР наиболее приемлемым является метод анализа иерархий [5], основанный на парных сравнениях альтернативных вариантов по различным критериям с использованием девятибалльной шкалы и последующим их ранжированием. Взаимоотношения между критериями учитываются путём построения иерархии критериев и применения парных сравнений для выявления важности критериев и подкритериев. Метод отличается простотой и интуитивностью



представления решаемой задачи.

**Структура СППР.** На рисунке 1 представлены основные компоненты СППР:

- база данных, содержащая исходную информацию и результаты моделирования;
- база моделей, описывающих объекты и процессы испытаний РКТ;
- программная часть, включающая системы управления базами данных и моделей, экспертно-аналитическую систему и систему управления интерфейсом.

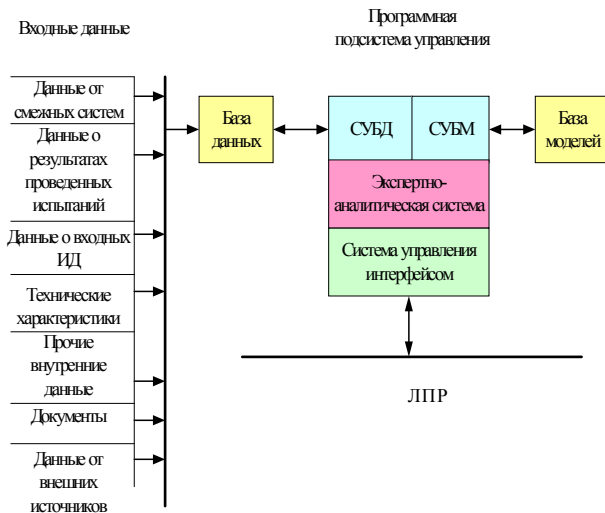


Рисунок 1 - Основные компоненты СППР

**Особенности СППР.** Принципы функционирования СППР определяются следующими основными факторами:

- многотемностью проводимых работ;
- необходимостью построения различных информационных форм;
- необходимостью отслеживания планируемых и фактически выполняемых работ;
- необходимостью выявления дефектов и связанных с ними доработок;
- наличием стендового оборудования;
- необходимостью совмещения интерфейсов СППР с другими информационными системами.

Укрупненная схема информационного взаимодействия СППР применительно к космическому ракетному комплексу приведена на рисунке 2.

Принятие решений в нештатной (экстремальной) ситуации характеризуется острым дефицитом времени и, в большинстве случаев, быстро меняющейся обстановкой. Эти два фактора сильно усложняют процесс принятия решений. Задачи, решаемые в экстремальных ситуациях, можно подразделить на ранее решавшиеся и уникальные. Однако даже при решении аналогичных задач практически не бывает двух одинаковых чрезвычайных ситуаций, поэтому, наряду с использованием

информации, хранящейся в базе данных, специалист должен вводить новые сведения по конкретной чрезвычайной ситуации, корректировать «веса» (значимость) критериев, модифицировать метод ликвидации чрезвычайной ситуации. Только на основе своевременного пополнения, накопления, переработки информационного ресурса возможно эффективное принятие решений и рациональное управление процессом испытаний сложных изделий РКТ.

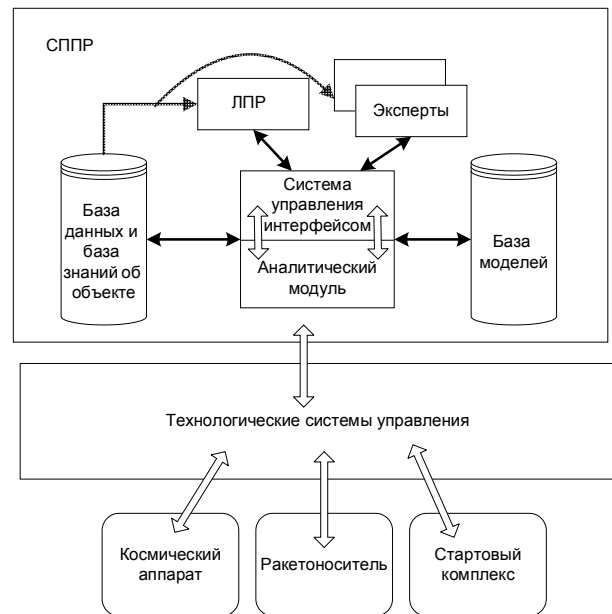


Рисунок 2 - СППР космического ракетного комплекса

Применение СППР при испытаниях и подготовке к пуску изделий РКТ позволяет не только предложить один вариант решения, но и оценить возможные варианты и сделать на их основе полновесный грамотный вывод.

Таким образом, все эти факторы обуславливают применение СППР при проведении испытаний, подготовке к пуску и пуске изделий РКТ.

Процесс генерации иерархии целей, критериев, факторов, видов испытаний и т. д. занимает достаточно продолжительное время и базируется на всей совокупности знаний специалистов рассматриваемой предметной области, привлекаемых для решения конкретной задачи. Вершиной иерархии является глобальная цель, на следующем уровне присутствуют цели, ниже — подцели, затем критерии, подкритерии и на самом нижнем уровне — альтернативы. В иерархиях могут присутствовать уровни, соответствующие подсистемам изделия РКТ или контрольно-проверочной аппаратуры. Иерархическая структура критериев и целей является моделью знаний конкретной предметной области, которая изменяется и уточняется с течением времени.

В ходе проведения испытаний или подготовки изделия РКТ к пуску в базе данных СППР должна накапливаться информация от множества систем контроля и измерения параметров изделия.

#### **Библиографический список**

1. Алексеев А.В., Борисов А.Н., Вилюмс Э.Р. и др. Интеллектуальные системы принятия проектных решений. Рига: Зинатне, 1997.

2. Борисов А.Н., Вилюмс Э.Р., Сукур Л.Я.

Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ. Информационное, математическое и программное обеспечение. Рига: Зинатне, 1986.

3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: замещения и предпочтения. М.: Радио и связь, 1981.

4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. М.: Наука, 1986.

5. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.