

Выводы

Разработана математическая модель выбора системы гибридной автоматической трансмиссии, которая отличается от известных многокритериальностью и позволяет повысить эффективность и оперативность принимаемых решений при проектировании гибридной автоматической трансмиссии.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на синтез модели многокритериальной оценки и выбора элементов гибридной автоматической трансмиссии.

УДК 621.396.671

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МЕДИЦИНСКИХ УСТАНОВКАХ СВЧ-ГИПЕРТЕРМИИ

Д.т.н М.А. Омаров, к.ф.-м.н. Р.И. Цехмистро, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Сущность метода СВЧ-гипертермии заключается в разогреве опухоли с помощью электромагнитного излучения. Для проведения локальной гипертермии используются генераторы электромагнитных излучений СВЧ- и ВЧ-диапазонов. Наиболее часто применяются СВЧ-установки с рабочей частотой 915 МГц. В статье представлены результаты расчетов пространственного распределения мощности электромагнитного излучения кольцевых антенных решеток ненаправленных излучателей, возбуждаемых с одинаковыми амплитудами и фазами.

The computer analysis of spatial concentration of electromagnetic power radiation intensity of arrays consist of Hertz dipoles have been researched on a small distances with effects of near zone. An influence of radiator numbers and distance between radiators have been researched on the possibility to provide a even concentration of radiators power in near arrays.

Введение

Кольцевые антенные решетки микроволновых излучателей обеспечивают концентрацию электромагнитного поля в середине решетки. Это позволяет использовать их в микроволновых технологических установках для различных областей науки и техники [1-3]. На практике необходимо достаточно точно знать пространственное распределение мощности электромагнитного поля в рабочей области установки, либо синтезировать требуемое распределение мощности. Особенно важно обеспечить высокую точность реализации заданного распределения мощности в кольцевых решетках для микроволновой гипертермии. При расчетах таких решеток обычно не учитываются особенности ближней зоны излучателей, связанные со сложными законами изменения амплитуд, фаз, поляризации и мощности электромагнитного излучения на малых расстояниях от антенны.

Постановка задачи, модель

Ранее показано, что в случае линейных решеток диполей Герца эти особенности существенно влияют на характер пространственного распределения мощности поля вблизи решетки [2]. Суммарные компоненты поперечных составляющих векторов напряженности

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.hybrid-cars.ru>
2. <http://aboutlexus.ru>
3. <http://www.chrysler.ru>
4. <http://www.gold-auto.ru>
5. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В. методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах / За ред. Е.Г. Петрова. — К: Техніка, 2004 — 256 с.
6. Нефёдов Л.И., Стопченко Е.Г., Стопченко Г.И., Золотова Н.М. Принципы оптимальности методов многокритериальной оценки проектных решений при строительстве и реконструкции объектов городской системы. Коммунальное хозяйство городов Науч. техн. сб. — К.: Техніка. — 2002. — Вып. № 39.

электрического и магнитного полей E, H в каждой точке пространства находим согласно принципу суперпозиции [2]:

$$\vec{E}_\theta = \sum_{n=-N}^N \vec{E}_{n\theta}; \quad H_\varphi = \sum_{n=-N}^N H_{n\varphi} \quad (1)$$

Для анализа физических закономерностей формирования пространственного распределения микроволновой мощности и влияния на него амплитудных и фазовых особенностей ближней зоны в кольцевых решетках рассмотрим в качестве модельной задачи кольцевую решетку диполей Герца, расположенных перпендикулярно плоскости, в которой находится сама решетка. В этом случае в плоскости решетки диаграмма направленности каждого излучателя ненаправлена, что позволяет проанализировать влияние особенностей ближней зоны без влияния направленности каждого излучателя.

Рассмотрим влияние основных параметров решетки - ее диаметра и числа излучателей - на распределение микроволновой мощности внутри кольцевой решетки. Для конкретности будем рассматривать близкую к практике систему [1], когда диполи Герца располагаются эквидистантно на окружности радиуса R (рис. 1). Для анализа исследуемых физических закономерностей необходимо учитывать, что область фокусировки мощности электромагнитного поля находится в ближней зоне как одного излучателя, так и решетки излучателей, т.е. R (радиус решетки) $\leq R_{дз}$ диполя Герца.

Суммарные компоненты поперечных составляющих векторов напряженности электрического и магнитного полей E, H в каждой точке пространства находим согласно принципу суперпозиции.

Мощность излучения решетки находим по теореме Пойнтинга о комплексной мощности. При этом расстояния R_n от n -го излучателя до точки наблюдения $M(X, Y)$, определяющие фазы составляющих полей каждого излучателя в точке наблюдения в (2), находим аналогично изложенному выше алгоритму для линейных решеток. Формула для расчета расстояний R_n - зависит от

взаимного расположения точки излучения и точки наблюдения. В общем случае:

$$R_n = \sqrt{(Y_n \pm Y)^2 + (X_n \pm X)^2}; \quad (2)$$

где X_n, Y_n - координаты n-ого излучателя, X, Y - координаты точки наблюдения в декартовых координатах, связанных с решеткой, как показано на рис 1.

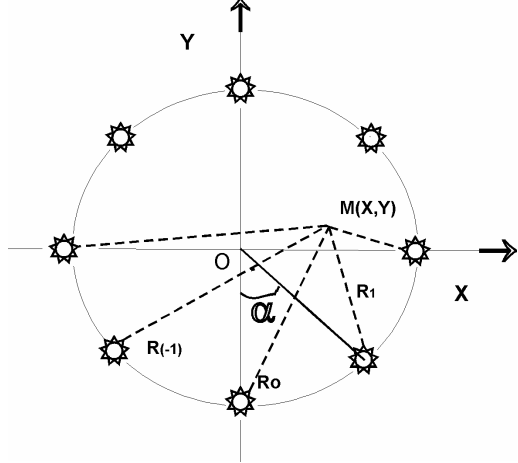


Рис.1 Схема расположения излучателей

Знак “+” в выражении (1.) берется в случае, если точка наблюдения $M(X, Y)$ находится в первом квадранте, знак “-” берется в случае, если она находится в третьем квадранте, знаки “+,-” чередуются, если точка наблюдения и источник находятся во втором и четвертом квадрантах.

На практике в рассматриваемых решетках удобно располагать излучатели на одинаковых расстояниях друг от друга, выбирая соответствующим образом радиус R решетки. Тогда выражение для R_n может быть записано через радиус решетки и угол α между лучами, направленными из начала координат на два соседних источника. Для точки наблюдения внутри кольца радиуса R :

$$R_n = \sqrt{(X - R \sin(n\alpha))^2 + (Y - R(\cos(\pi - n\alpha)))^2},$$

$n=0, \pm 1, \pm 2, \dots, N/2$ для нечетного N ,

$$R_n = \sqrt{(X - R \sin((2n-1)\alpha/2))^2 + (Y - R(\cos(\pi - (2n-1)\alpha/2)))^2}, \quad (3)$$

$n=\pm 1, \pm 2, \dots, N/2$ для четного N .

Используя выражения (1)-(3) и был разработан алгоритм и программа компьютерного анализа, позволяющая исследовать пространственное распределение мощности поля внутри решетки с учетом и без учета особенностей полей ближней зоны излучателя - элемента решетки.

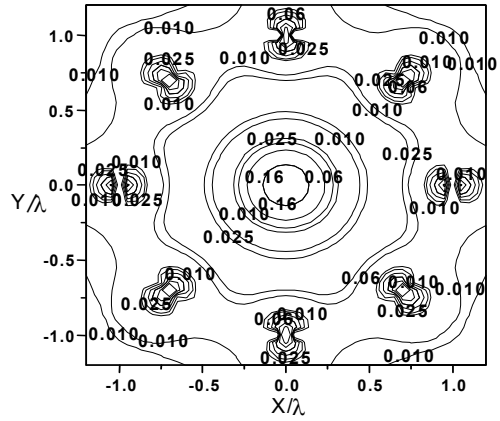


Рис.2. Пространственное распределение мощности решетки при $N=8, R=\lambda, V_\phi=c, E, H \sim R^{-1}$.

Подчеркнем, что для учета особенностей ближней зоны поля в (1)-(3) брались согласно [2.] без учета - как для сферической волны в дальней зоне излучателя:

$$\vec{E} = \frac{E_0}{R} e^{-ikR}; \vec{H} = \frac{H_0}{R} e^{-ikR}. \quad (4)$$

Таким образом, задавая радиус кольца - R , угол - α , который определяет расстояние между излучателями и их число, будем анализировать влияние этих параметров на пространственное распределение мощности электромагнитного поля внутри и вне решетки, а также и вдоль какой-либо из осей.

Результаты

Результаты расчетов могут быть представлены как в виде линий равного уровня амплитуд полей или мощности, так и в виде соответствующих зависимостей вдоль какой-либо координаты. В разработанных алгоритмах и программах никаких ограничений на размеры решетки, число излучателей и на их положение в решетке не накладывается.

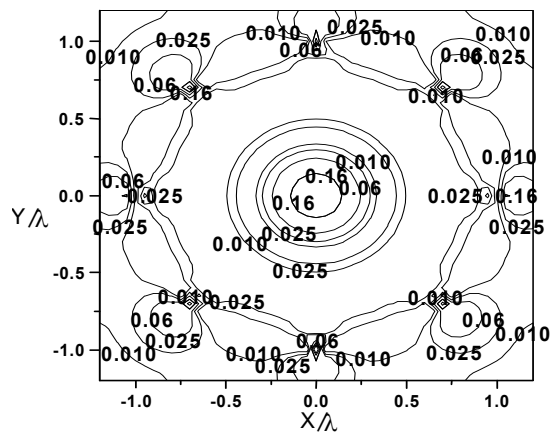


Рис.3. Пространственное распределения мощности решетки при $N=8, R=\lambda, V_\phi \neq c, E, H \sim R^{-1}$.

Расчеты проведены для двух вариантов: в первом задавалось расстояние по дуге окружности между излучателями $d=0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2$ длин

волн, что исключало симметрию решетки, а также для целых значений угла α например - $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ \dots 60^\circ$. Второй вариант позволял расположить излучатели симметрично не только относительно оси OY , но и относительно оси OX . Расчетное значение мощности излучения решетки пронормировано на всех приведенных ниже рисунках к числу $4\pi N/1,5$ (N - число излучателей). Из результатов, расчета пространственного распределения микроволновой мощности для решетки из восьми излучателей радиуса $R=0,4\lambda$, следует вывод о том, что на величину концентрации мощности в центре решетки исключение из рассмотрения амплитудных особенностей ближней зоны не вносит столь значительного влияния как пренебрежение фазовыми особенностями ближнего поля. Следует подчеркнуть также, что исключение из рассмотрения всех особенностей ближнего поля влияет на концентрацию мощности так же, как в случае исключения одних только фазовых особенностей. Исключение из рассмотрения фазовых составляющих ближнего поля заметнее сказывается на распределении мощности электромагнитного поля вблизи излучателей и между ними. Из данных, представленных на рис. 2 - 5, на которых приведены результаты расчета пространственного распределения микроволновой мощности внутри решетки из восьми излучателей при радиусе решетки, равном длине волны, с учетом и без учета особенностей ближней зоны, следуют аналогичные закономерности. Для выяснения степени влияния амплитудных и фазовых особенностей отдельно проводились расчеты с учетом всех особенностей ближней зоны (рис. 4 $N=8, R=\lambda, V_\phi \neq c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$), а также без учета особенностей ближней зоны (рис. 2. $N=8, R=\lambda, V_\phi = c, E, H \sim 1/R$). Видно, что учет особенностей ближней зоны слабо влияет на расчетное распределение мощности в пределах половины диаметра решетки. Ближе к излучателям характер распределения меняется качественно - появляется дополнительный максимум и увеличение мощности поля наблюдается в пространстве между излучателями. Для иллюстрации влияния отдельно амплитудных и фазовых особенностей полей ближней зоны на рис.3 ($N=8, R=\lambda, V_\phi \neq c, E, H \sim 1/R$) представлены расчеты для той же решетки в предположении, что фазовая скорость отличается от скорости света (т.е. учтены фазовые особенности ближней зоны), а на рис. 5 ($N=8, R=\lambda, V_\phi = c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$) представлены такие же расчеты в предположении что, фазовая скорость равна скорости света, а амплитуды изменяются с учетом особенностей ближней зоны. Видно, что учет фазовых особенностей ближней зоны дает расчетное распределение мощности ближе к случаю полного учета особенностей ближней зоны, учет же только амплитудных особенностей ближе к данным, получаемым без полного учета особенностей ближней зоны. Такие же качественно результаты получены и в случае большего числа излучателей.

Рассмотрим подробнее влияние диаметра решетки на пространственное распределение микроволновой мощности. Был проведен анализ распределения мощности решетки из восьми излучателей, расположенных на окружности радиуса $R=2,5\lambda$, рассчитанных с учетом особенностей ближней зоны.

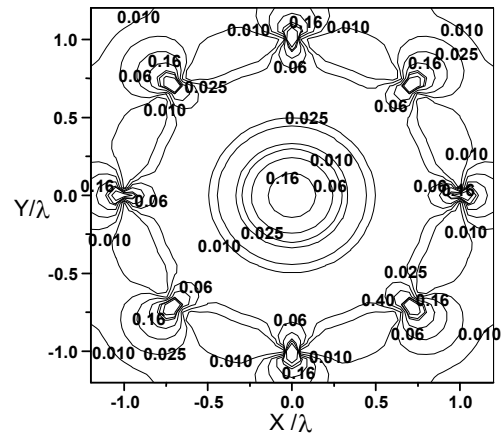


Рис. 4. Пространственное распределение мощности решетки при $N=8, R=\lambda, V_\phi \neq c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$.

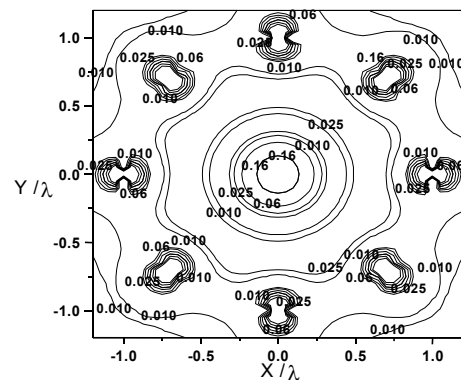


Рис. 5. Пространственное распределение мощности решетки при $N=8, R=\lambda, V_\phi = c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$.

Видно, что в этом случае характер распределения мощности изменился качественно: появились дополнительные интерференционные максимумы, локализованные в пространстве между соседними излучателями, причем их относительные уровни изменяются так же, как в диаграмме направленности антенной решетки. При увеличении радиуса решетки эти особенности усиливаются, появляется большее число интерференционных максимумов. Для детального изучения влияния особенностей ближней зоны на распределение поля в поперечном сечении рабочей области микроволновой установки рассчитывались зависимости микроволновой мощности от координат точки наблюдения по какому-либо поперечному сечению рабочей области. Расчеты проводились и для решетки из 8 излучателей при $R=2,5\lambda$, представленных на рис. 7 (1 - с полным учетом, 2 - без учета особенностей ближней зоны). Здесь поперечная координата Z выбрана в промежуточном сечении между излучателями. Видно, что в пределах главного и первого бокового пространственного лепестка диаграммы распределения мощности совпадают с графической точностью. В пределах второго и третьего боковых лепестков расчеты отличаются, причем учет особенностей ближней зоны дает более высокие значения уровней поля внутри решетки. Эти выводы согласуются с результатами анализа распределения мощности поля в ближней зоне линейных решеток диполей Герца, полученными в [4].

Проанализируем далее зависимость мощности в центре решетки излучателей от радиуса решетки. Расчеты приведены на рис. 6 для числа излучателей 4, 8 и 12 (серия а - с полным учетом ($V_{\phi} \neq c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$); серия b - без учета ($V_{\phi} = c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$)) особенностей полей ближней зоны излучателей. Видно, что расчеты отличаются для $R < 0,4\lambda$. При большем R расчеты мощности в середине решетки совпадают с графической точностью. Таким образом, в случае диаметров, больших 0,8 длины волны, для расчета относительной мощности поля в середине решетки можно пользоваться формулой, не учитывающей особенности ближней зоны:

$$P/P_{\Sigma} = \frac{N^2}{4(R/\lambda)^2} \quad (5)$$

Эту формулу легко получить если поместить точку наблюдения в центр решетки, т.е., R_n равно радиусу решетки, воспользоваться теоремой Пойтинга для комплексных амплитуд. Для меньших же расстояний мощность в середине решетки описывается формулой:

$$P/P_{\Sigma} = N^2 \frac{\sqrt{64\pi^6 (R/\lambda)^6 + 1}}{32\pi^3 (R/\lambda)^5} \quad (6)$$

$$\cos(\arctg(2\pi R/\lambda) - \arctg(2\pi R/\lambda - \frac{1}{2\pi R/\lambda}))$$

Отметим, что формула (5) описывает полностью влияние особенностей ближнего поля как совокупности излучателей, так и каждого излучателя в отдельности. Приведем также выражения, которые учитывают влияние амплитудных и фазовых особенностей полей ближней зоны в зависимости от радиуса решетки и числа излучателей:

$$P/P_{\Sigma} = N^2 \frac{\sqrt{64\pi^6 (R/\lambda)^6 + 1}}{32\pi^3 (R/\lambda)^5} \quad (7)$$

$$P/P_{\Sigma} = \frac{N^2}{(R/\lambda^2)} \cos(\arctg(2\pi R/\lambda) - \arctg(2\pi R/\lambda - \frac{1}{2\pi R/\lambda})) \quad (8)$$

Формула (7) описывает абсолютное значение плотности потока мощности с полным учетом амплитудных особенностей т.е. $V_{\phi} \neq c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$.

Формула (8) учитывает только фазовые особенности ближней зоны т.е. $V_{\phi} \neq c, E, H \sim 1/R$. При полном учете особенностей ближней зоны с увеличением радиуса решетки появляются интерференционные лепестки в пространстве между излучателями на диаграмме пространственного распределения мощности и их число увеличивается с увеличением радиуса решетки. С увеличением радиуса решетки относительный уровень мощности боковых лепестков становится близок к относительному уровню мощности в центре решетки. Эти закономерности подтверждают также аналогичные расчеты для кольцевой решетки из 12 излучателей.

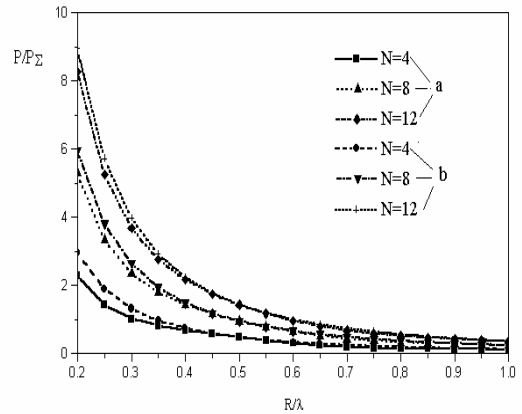


Рис. 6. Зависимость мощности в центре решетки от радиуса R и числа излучателей N (серия а - с учетом особенностей ближней зоны, b- без учета особенностей ближней зоны).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в случае решеток больших ($R/\lambda \geq 2,5$) электрических размеров особенности ближней зоны пренебрежимо малы, в случае же решеток с диаметром, меньшим длины волны, эти особенности имеют существенное значение.

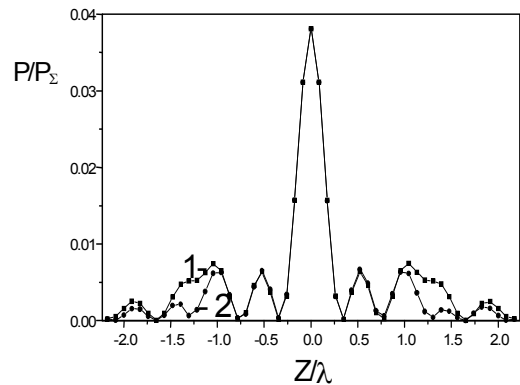


Рис. 7. Распределение поля в поперечном сечении решетки при $N=8, R=2,5\lambda$, (1- $V_{\phi} \neq c, E, H \sim R^{-2}, R^{-3}$, 2 - $V_{\phi} = c, E, H \sim R^{-1}$).

Выводы

Разработаны алгоритм и программа компьютерного анализа пространственного распределения относительной мощности микроволнового излучения кольцевой решетки диполей Герца. Проведен анализ влияния эффектов ближней зоны на характер пространственного распределения мощности внутри решетки. Показаны возможности управления концентрацией мощности электромагнитного поля изменением параметров решетки. Предложенный алгоритм расчета легко обобщить на случаи цилиндрических и сферических решеток с равномерным и неравномерным возбуждением.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гоблик В.В., Миносьян М.Р., Бук Н.И., Грицай Р.Н., Халания В.С. Теоретические и экспериментальные исследования фазированной кольцевой антенной решетки для гипертермии СВЧ. В кн.: 5-ая Международная Крымская конференция "СВЧ-техника и спутниковый прием", Севастополь, 1993, т. 5, с 512-515.

2. Шубарин Ю.В. Антенны сверхвысоких частот. Харьков, Изд-во Харьковского университета. 1960.-284с.

3. Страттон Дж.А. Теория электромагнетизма. М.-Л., ГИТТЛ, 1948.-539с.

4. Горобец Н.Н., Горобец Ю.Н., Цехмистро Р.И. Влияние эффектов ближней зоны на распределение мощности электромагнитного поля вблизи решеток диполей Герца. Вестник Харьковского университета. Сер. Радиофизика и электроника, 1405. Харьков, 1998. с. 20-27.

УДК 621.7.073-52

СТРУКТУРНО - ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

Д.т.н. И.Ш. Невлюдов, к.т.н. Е.П. Второв, С.В.Сотник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В приведенной статье рассматривается структурно – параметрическое описание литевых форм. Представлен структурно – параметрический граф; предложена математическая модель литевых форм.

In article the structure-parametrical description is considered. The structure-parametrical graph is shown; the mathematic model is suggested.

Введение

Возрастающая потребность в изделиях из пластических масс определяет ускоренный рост их производства. Создание новых термопластавтоматов, освоение новых материалов, расширяющийся ассортимент изделий, а также необходимость непрерывного улучшения качества литевых изделий и повышения производительности процесса вызывают большую потребность в литевых формах (ЛФ). Обновление конструкций машин и приборов также требует новейших деталей, а следовательно, и новых ЛФ. Конструирование ЛФ основано на последних достижениях науки и техники в областях переработки термопластов в изделия, сопротивления материалов, гидравлики, теплопередачи, технологии обработки металлов в сочетании с анализом работы наиболее удачных конструкций ЛФ [1].

Современная конструкция литевых форм является сложным комплексом систем и узлов, обеспечивающих работу машины в автоматическом цикле. Для изготовления таких форм применяют современные методы технологии обработки металлов, новые материалы и сплавы, способные обеспечить необходимые точность, шероховатость оформляющей поверхности и прочность деталей литевой формы [2].

Для проектирования ЛФ только ее структуры недостаточно, т.к. параметры (характеристики) подсистем, составляющих ЛФ отличаются, то есть, необходимо параметрическое описание наряду со структурным. Структурно – параметрическое описание объекта проектирования – описание, показывающее из каких подсистем, блоков, агрегатов, деталей состоит ТО (а именно, литевая форма), как эти компоненты соединены и взаимодействуют между собой, каковы их весовые и габаритные характеристики и т.п. Такое описание дает возможность генерировать множество альтернатив объекта и доставлять информацию для моделей функционирования. Параметрическое описание представляет собой конечный (вектор) параметров, значения которого варьируются в определенных пределах с учетом необходимых ограничений [3].

Постановка и решение задачи

Система автоматизированного проектирования технологической оснастки, как и другие автоматизированные системы, связана с постоянной или базовой информацией, которая характеризует объекты, сведения о которых могут быть использованы в процессе проектирования и которые известны до создания системы, а также переменной, изменяющейся при проектировании каждой очередной конструкции. Эти данные являются информационной основой процессов автоматизированного проектирования и вместе с методами и средствами ее подготовки, организации и управления составляют информационное обеспечение САПР технологической оснастки.

Важнейшее значение в процессе автоматизированного проектирования и создания САПР имеет возможность построения иерархии моделей. Каждому этапу проектирования сопоставляется своя модель объекта, что позволяет избежать необоснованного усложнения задачи. В математической модели проектируемого объекта, в данном случае – это технологическая оснастка, выделим структурно – параметрическое описание собственно. Отсюда следует, что задача построения математической модели ЛФ, состоящая из структурно – параметрического описания объекта с помощью набора проектных параметров является актуальной.

Представляется необходимым провести структурно – параметрическое описание технологической оснастки, так как оно отражает состав и структуру ЛФ, а это позволит повысить эффективность разработки ее конструкции в процессах автоматизированного проектирования.

Опишем объект проектирования структурно – параметрическим графом или иерархической системой моделей ЛФ (рис.1).

Структурно – параметрическое описание ТО

Формирование графа рис. 1 состоит из построения «статической» части – ядра, «динамической» части графа. «Статическая» часть графа – «банк прототипов», хотя возможно не все альтернативы ранее подвергались анализу, а «динамическая» часть – продолжение пути включения новых вершин графа: описаний, появляющихся в ходе разработки ТО, расширений функциональных возможностей образцов техники, новые методы расчета.