УДК 621.373.826

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-1-248-80-83

*А. А. Яковлев, Н. В. Федорова, С. Г. Поступаева***ПОИСКОВОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛАЗЕРОВ
НА УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА ОСНОВЕ НОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: missis.yana-1995@yandex.ru

Рассматривается специализированный метод синтеза концептуальных технических решений преобразователей энергии (ПЭ) на примере технологических лазеров на углекислом газе. В основу метода положена новая информационная модель физического принципа действия (ФПД). Результаты исследований были оформлены в виде руководящего методического материала (РММ), состоящего из четырех частей.

Ключевые слова: новая информационная модель физического принципа действия; синтез концептуальных технических решений; поисковое конструирование; информационные фонды; преобразователи энергии; лазеры на углекислом газе.

*A. A. Yakovlev, N. V. Fedorova, S. G. Postupaeva***SEARCH DESIGN OF TECHNOLOGICAL CARBON DIOXIDE LASERS BASED
ON A NEW INFORMATION MODEL OF THE PHYSICAL PRINCIPLE OF OPERATION****Volgograd State Technical University**

A specialized method for synthesizing conceptual technical solutions for energy converters (EC) is considered using the example of carbon dioxide-based technological lasers. The method is based on a new information model of the physical principle of action (PPA). The results of the research were presented in the form of a guiding methodological material (GMM), consisting of four parts.

Keywords: new information model of the physical principle of action; synthesis of conceptual technical solutions; search design; information funds; energy converters; carbon dioxide lasers.

Уникальные свойства технологических лазеров позволяют активно использовать их в различных отраслях науки и техники. В последние годы потребность использования лазерных технологий в разных отраслях промышленности резко возросла, а соответственно высокие требования предъявляются и к совершенствованию технологии проектирования технологических лазеров. Особенностью научно-технического прогресса является опережение меры сложности создаваемых изделий по сравнению с методами и технологиями их проектирования. Особенно остро эта проблема стоит на начальных, творческих стадиях проектирования, к которым относятся постановка задачи, структурный синтез нового объекта и поиск концептуальных технических решений в рамках заданной структуры, так как именно от успешного решения задач на начальных стадиях проектирования, в значительной степени зависит качество конструкторских разработок. В связи с этим разработка новых подходов и методов, позволяющих повысить эффективность труда конструктора на начальных стади-

ях, и последующая автоматизация этих стадий в рамках создания систем автоматизированного проектирования на базе уже апробированных методов, является актуальной задачей.

Особенность этой задачи заключается в трудности формализации творческих стадий проектирования, отличающихся неопределенностью в постановке задачи, методе решения и в окончательном результате. Существует ряд общих подходов к постановке этой задачи, однако практическая реализация многих из них для отдельных классов технических систем, в том числе и таких как ПЭ, неочевидна [1–4].

В результате анализа недостатков существующих традиционных методов поискового конструирования был разработан специализированный метод синтеза концептуальных технических решений ПЭ на примере технологических лазеров на углекислом газе [5–6]. В основу метода положена модифицированная модель ФПД, которая представлена в виде ориентированного графа. В предлагаемой модели ФПД вершинами обозначаются места, так называемые характерные точки, где рабочее те-

ло лазера испытывает взаимодействия, для которых в термодинамике дается единая формула аналитического выражения обобщенной работы

$$dQ = PdE,$$

где P – обобщенная сила или интенсификатор; E – обобщенная координата или экстенсор [7].

Взаимодействия рабочего тела лазера представляются на графе ФПД ребрами с обозначением экстенсоров, сопряженными с данными взаимодействиями. В процессе функционирования вещество рабочего тела может перемещаться внутри устройства, что обуславливает необходимость введения ребер второго типа – маршрутных, связывающих характерные точки. Для многих процессов преобразования энергии в технологических лазерах характерна периодичность взаимодействий и перемещения рабочего тела. Граф ФПД в этом случае необходимо дополнять циклограммой для периодических взаимодействий и перемещений рабочего тела.

При разработке модели ФПД определяются характерные точки лазера, последовательность и виды взаимодействий в этих точках, а также очередность прохождения их рабочим телом. Такая модель позволяет точнее отразить особенности физических процессов, которые не могут быть представлены цепочками физических эффектов. Она сосредотачивает внимание проектировщика на конструктивных особенностях

технологического лазера, от которых зависит его морфологическая организация.

На основе данной работы был разработан специализированный алгоритм синтеза концептуальных технических решений лазеров на углекислом газе. Результаты исследований были оформлены в виде РММ. Метод состоит из четырех частей. В первой части даны теоретические основы метода, позволяющие конструктору получить представления об основных понятиях, которые легли в основу данной методики. Вторая часть содержит описание проектных процедур специализированного алгоритма для проектирования CO_2 -лазеров. В третьей части приведены примеры синтеза концептуальных технических решений газоразрядных и газодинамических лазеров. Важной составляющей специализированного метода является четвертая часть РММ, представляющая собой информационное обеспечение, в котором дается необходимая справочная информация. Эффективность работы с алгоритмом зависит от того, насколько правильно и тщательно составлено информационное обеспечение. Поэтому структура информационных фондов не может быть произвольной и должна строго соответствовать логической структуре алгоритма. В таблице приводится перечень разделов информационного обеспечения, которые разработаны для проектирования технологических CO_2 -лазеров.

Перечень разделов информационного обеспечения

Номер фонда	Наименование информационного фонда
Ф1	Информация для разработки технических требований
Ф2	Технологические процессы, реализуемые с помощью технологических лазеров
Ф3	Технические решения лазеров на углекислом газе
Ф4	Описания физических процессов для создания инверсной заселенности в рабочей смеси
Ф5	Межотраслевой фонд эвристических приемов
Ф6	Конструктивные элементы технологических лазеров
Ф7	Методы оценки и выбора вариантов технических решений

При создании информационных фондов использовалась современная научная и техническая литература, патентные фонды [8–9]. Информационные фонды не являются исчерпывающими, а должны содержать необходимую информацию для использования специализиро-

ванного метода. На рисунке приведена структура специализированного метода. На схеме указаны наименования этапов, порядок их следования, а также количество шагов и наименования информационных фондов для их осуществления.

Схема специализированного метода

По результатам первого этапа принимается решение о методе решения задачи. Предлагаются два варианта построения диаграмм ФПД. Вариант *А* предусматривает выполнение шагов в случае, когда имеется некоторое техническое решение, которое является прототипом. Вариант *В* используется для построения модели ФПД на основе описания физического процесса преобразования какого-либо вида энергии в когерентное электромагнитное излучение.

Для синтеза более эффективных принципов действия преобразователей энергии инженерно-физический подход позволяет разработать методику целенаправленной модификации диаграмм с помощью формальных операций над графами, сопоставленными с межотраслевым фондом эвристических приемов.

Выделены элементарные конструктивные функции, позволяющие сопоставить абстрактные элементы диаграмм ФПД с патентными описаниями технических решений и формиро-

вать таблицы технических решений, определяющих морфологию проектируемого преобразователя энергии.

Результаты обработки информации по рекомендациям каждого шага алгоритма должны соответствующим образом документироваться в виде текстового описания, списка, графической схемы и т. п.

Алгоритм может использоваться в инженерной практике как для синтеза концептуальных решений лазеров на углекислом газе на стадии технического предложения, так и для быстрого обучения специалистов, которые пока не знакомы со спецификой проектирования лазерной техники. При этом используются информационные фонды, которые в значительной мере повышают эффективность использования алгоритма. Специализированный метод также может служить методическим пособием по подготовке и переподготовке специалистов, занимающихся проектированием самых различ-

ных видов ПЭ. При этом ее необходимо дополнять примерами синтеза технических решений. Также данный метод может служить основой для разработки программных приложений, осуществляющих интеллектуальных поддержку конструктора на начальных этапах проектирования ПЭ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воинов, Б. С.* Информационные технологии и системы : монография. В 2 кн. Книга I. Методология синтеза новых решений / Б. С. Воинов. – Нижний Новгород : Изд-во ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2001. – 404 с.
2. *Евдошенко, О. И.* Онтологические модели представления знаний для оценки результата синтеза нового технического решения / О. И. Евдошенко, А. Г. Кравец, В.М. Зарилова; И. Ю. Петрова // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 10. – С. 477–483.
3. *Sharma, P.* A literature survey and classification framework of TRIZ methodology [Text] / P. Sharma, R.R. Khanna, V. Bhatnagar // *Proceedings of 2nd International Conference on Computational Intelligence and Communication Technolo-*

gy, CICT (Ghaziabad, U.P, India, February, 12-13, 2016) / IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. – Ghaziabad (India), 2016. – P. 516-522.

4. *Chen, Y.* A formal functional representation methodology for conceptual design of material-flow processing devices [Text] /Y. Chen, M. Zhao, Y. Liu, Y. Xie // *AI EDAM*, 2016, Volume 30, Issue 4, pp. 353-366.

5. *Яковлев, А. А.* Разработка множеств технических решений установок для преобразователей энергии : монография / А. А. Яковлев. – М. : Машиностроение -1, 2007. – 128 с.

6. Поисковое конструирование систем охлаждения на основе инженерно-физического подхода / А. А. Яковлев, В. А. Камаев, В. С. Сорокин, С. Н. Мишустина // *Информационные технологии*. – 2016. – Т. 22, № 11. – С. 819–826.

7. *Вейник, А. И.* Термодинамика реальных процессов / А. И. Вейник. – Минск : Наука и техника, 1991. – 576 с.

8. *Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)* [Электронный ресурс]: сайт Роспатента. – Режим доступа: <https://www1.fips.ru> (дата обращения: 10.11.20).

9. *Технологические лазеры. Расчет, проектирование и эксплуатация: Справочник в 2 томах. Том 1 / под ред. Г. А. Абилюсеева.* – М. : Машиностроение, 1991. – 432 с.