

УДК 658.5:001.89

Алгоритмизация поиска оптимального аппаратного оформления гибких многоассортиментных малотоннажных химико-технологических систем

Болдырев Вениамин Станиславович^{1(*)}

boldyrev.v.s@bmstu.ru

SPIN-код: 6459-7608

Меньшиков Владимир Викторович²

vm_uti@muctr.ru

SPIN-код: 5176-4200

Байбикова Вера Викторовна³

vera.baybikova@gmail.com

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия³ ООО «Системные решения», Москва, Россия

Аннотация. Предложены подходы реализации гибких многоассортиментных химико-технологических систем. Показаны методы научно обоснованного ресурсо-энергоэффективного инжиниринга многоассортиментных производств продукции малотоннажной химии. Разработан и подробно описан алгоритм оптимального выбора технологического оформления гибких многоассортиментных химико-технологических в условиях колебаний конъюнктуры потребительского спроса. Структурно-аппаратурная гибкость позволяют подобрать варианты, адекватные ассортименту выпускаемой продукции.

Ключевые слова: малотоннажная химия, химико-технологическая система, организация производства, инжиниринг, алгоритм

Algorithmization of the search for optimal hardware design for flexible multi-product low-tonnage chemical-technological systems

Boldyrev Veniamin Stanislavovich^{1(*)}

boldyrev.v.s@bmstu.ru

SPIN-код: 6459-7608

Men'shikov Vladimir Viktorovich²

vm_uti@muctr.ru

SPIN-код: 5176-4200

Baybikova Vera Viktorovna³

vera.baybikova@gmail.com

¹ BMSTU, Moscow, Russia² MUCTR, Moscow, Russia³ LLC "System Solutions", Moscow, Russia

Abstract. The approaches to the implementation of flexible multi-product chemical-technological systems are proposed. The methods of scientifically based resource-energy efficient engineering of low-tonnage multi-product production of low-tonnage chemical products are shown. The algorithm of the optimal choice of technological design of flexible multi-product chemical-technological systems in conditions of fluctuations in consumer

demand is developed and described in detail. Structural and hardware flexibility allows selecting options adequate to the range of manufactured products.

Keywords: *small-tonnage chemistry, chemical-technological system, production organization, engineering, algorithm*

Введение. В советское время малотоннажная химия (МТХ) была достаточно развитой, хотя и имела свою специфику. На ее долю приходилось примерно 15 % всей производимой химической продукции. Малотоннажная химия была плановой. Так, военно-промышленной комиссией при Совете министров СССР ежегодно составлялся список соединений и материалов, производства которых необходимо было создавать и развивать. Остро необходимые малотоннажные продукты выпускали более сотни предприятий по всей территории страны, над развитием технологий трудились отраслевые НИИ.

После начала приватизации, новые владельцы предприятий посчитали затраты на МТХ «непрофильными», а так как спрос на продукцию в связи с простоем машиностроительных и оборонных заводов упал, малотоннажные производства были остановлены, закрыты и в дальнейшем демонтированы. В период, когда спрос появился, реальность была такова, что производства необходимо возрождать с нуля, для некоторых продуктов отрасли машиностроения не стало российского сырья, так возникло отставание от мировых темпов производства.

При разработке стратегии коммерциализации выпускаемой продукции МТХ необходимо учитывать не только динамично изменяющуюся ситуацию на рынке, но и проектировать конкурентоспособную гибкую химико-технологическую систему (ХТС) их производства, которая позволит при изменении требований конечного потребителя в кратчайшие сроки перепрофилировать номенклатуру на более востребованную [1].

Цель работы — разработка алгоритма поиска аппаратурного оформления гибких многоассортиментных химико-технологических систем малотоннажной химии.

Материалы и методы. Проектирование гибких многоассортиментных химико-технологических систем (ХТС) на базе блочно-модульного технологического оборудования обеспечивает быстрый поиск квазиоптимального варианта аппаратурного состава из имеющегося в наличии технологического оборудования при минимальных затратах на производство [2–4]. Структурная и аппаратурная гибкость ХТС позволяют найти варианты, адекватные ассортименту выпускаемой продукции.

Алгоритмизация поиска оптимального аппаратурного оформления ХТС базируется на принципах автоматизированного синтеза [5]. Процедуру автоматизированного синтеза ХТС малотоннажного многоассортиментного производства можно представить в виде блок-схемы (см. рисунок), состоящей из трех взаимосвязанных подсистем:

I. подсистема автоматизированного анализа и синтеза ХТС, моделирования и оптимизации структуры ХТС, а также ассортимента выпускаемой продукции;

II. подсистема формирования парка технологического оборудования, разработки и создания аппаратурных модулей и блоков;

III. подсистема генерации базовых структур и формирование структурно-технологических схем.

В задачи подсистемы анализа и синтеза входит формирование парка аппаратурных модулей и блоков формирования технологической структуры создаваемого производства. Каждый этап стратегии синтеза математически формируется и обеспечивается соответствующим программно-алгоритмическим комплексом. Специфика синтеза отражается в формулировке критериев оптимизации и в особенностях налагаемых ограничений, к которым относятся: требования к качеству продукта; конфликтность, обусловленная противоречивостью к предъявляемым показателям продукта (например, особенностями рецептуры конечного продукта); возможность совмещения процессов, исходя из структурных признаков сходства; неопределенность принятия решений, обусловленная ассортиментом и т. п.

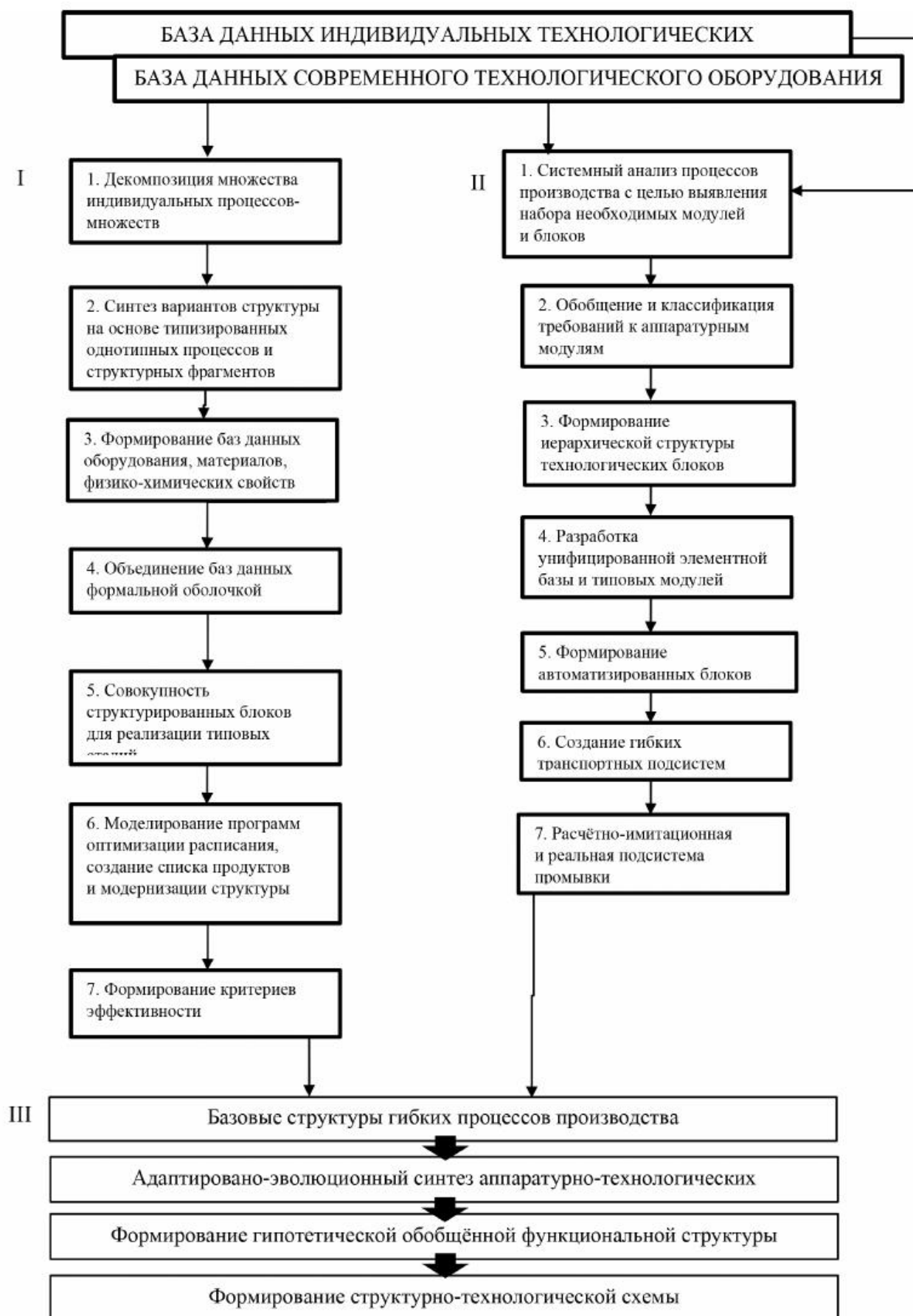
Подсистема формирования парка технологического оборудования и создания аппаратурно-технологических модулей и блоков предусматривает реализацию двух этапов: на первом осуществляется сопоставление одностадийного процесса с некоторым типом оборудования; на втором — конкретизация аппарата. Для описания однотипных стадий используется логико-информационное представление о наличии или отсутствии заранее обусловленной особенности — признака. Затем признаки конкретизируются в форме числовых параметров режима, что позволяет осуществить дискретизацию и выделение одного элемента из заданного набора (шкалы), где элементы шкалы — интервал значений. Каждая ситуация и процесс наделяются собственной шкалой, причем число «делений» шкалы соответствует числу различимых ситуаций. Для формирования группировки применяется метод типизации, то есть метод формирования подмножеств путем «раскладывания по заданным видам», изменяя наборы признаков.

Результаты. Типизация одностадийных процессов позволяет генерировать различные варианты ХТС. Каждый технологический процесс производства индивидуального продукта P из множества продуктов $P = \{P_i, i = \overline{1, N}\}$ хотя и составлен из типовых аппаратурных модулей, но имеет индивидуальную последовательность проведения этих стадий. Для построения условного прототипа ХТС, охватывающего заданное подмножество продуктов, осуществляется процедура генерации обобщенного маршрута заданной группы. Каждый индивидуальный маршрут P_i представляет собой кортеж. Обобщенный маршрут M представляется как объединение индивидуальных кортежей:

$$M = \bigcup_{i=1, n} P_i;$$

$$L = |M| \leq \sum_{i=1}^n |P_i|,$$

где L — длина объединенного маршрута, равная суммарной длине всех индивидуальных маршрутов.



Блок-схема реализации аппаратного оформления гибких ХТС

Обсуждение. Описанная гибкая ХТС представляет собой теоретическое объединение индивидуальных ХТС. При генерации обобщенного маршрута решается комбинаторная задача нахождения маршрута минимальной длины.

В случае синтеза гибких процессов производства для фиксированного ассортимента продуктов производится разбивка массивов продуктов на группы по характерным признакам (например, максимально требуемый для их производства объем аппаратов).

Заключение. Представленный подход предназначен для разработки и оптимизации аппаратного оформления гибких многоассортиментных малотоннажных производств химической продукции на базе блочно-модульного оборудования. При реализации описанных методов проектант получает так же информацию по возможным вариантам интеграции перспективных технологических процессов в действующую ХТС функционирующего предприятия.

Список источников

- [1] Болдырев В.С., Кузнецов С.В., Меньшиков В.В. *Инновационное развитие малотоннажных научно-производственных предприятий лакокрасочной отрасли*. Москва, Пэйнт-Медиа, 2021, 184 с.
- [2] Кафаров В.В., Дорохов И.Н. *Системный анализ процессов химической технологии*. Москва, Наука, 1976, 499 с.
- [3] Мешалкин В.П. *Основы интенсификации и ресурсоэффективности химико-технологических систем*. Смоленск, ООО «Принт-экспресс», 2021, 442 с.
- [4] Болдырев В.С., Меньшиков В.В. Модульный принцип создания агрегатов и аппаратов химико-технологических систем. *Наука и бизнес: пути развития*, 2021, № 11, с. 80–85.
- [5] Богомолов Б.Б., Болдырев В.С., Зубарев А.М., Мешалкин В.П., Меньшиков В.В. Интеллектуальный логико-информационный алгоритм выбора энергоресурсоэффективной химической технологии. *Теоретические основы химической технологии*, 2019, т. 53, № 5, с. 483–492.