

Самовоспроизводящаяся автоматическая система начального уровня

(краткий вариант)

1. Общие положения

1.1 Самовоспроизводящейся автоматической системой (САС) называется система машин, обладающая возможностью произвести значительную часть номенклатуры входящих в ее состав деталей, материалов и веществ и полный комплект входящих в ее состав единиц оборудования без прямого участия человека в процессе производства.

Задачей САС, в первую очередь, является воспроизведение самих себя и накопление за счет этого машиностроительной базы экономики изобилия. В дальнейшем на базе САС будут развернуты производственные комплексы для выпуска практически любой продукции групп А и Б (см. статью «Самовоспроизводящиеся автоматические системы и производственные комплексы» группы «Экономика изобилия»).

1.2 Первые САС, далее условно называемые «тип 1», будут представлять максимально упрощенный вариант системы. В дальнейшем САС будут модернизированы в направлении расширения возможностей и повышения коэффициента репликации.

Под коэффициентом репликации K_p будем понимать отношение

$$K_p = \frac{n}{N},$$

где n – номенклатура производимых САС деталей, материалов и веществ

N – полная номенклатура деталей, материалов и веществ, используемых при производстве САС.

В настоящее время не существует обоснованной оценки коэффициента репликации для САС «тип 1». Предварительно его можно считать равным $0,8 \div 0,9$, при меньших значениях систему вряд ли можно считать самовоспроизводящейся. С другой стороны, рост коэффициента репликации, по всей видимости, сопровождается значительным увеличением масштабов системы. Поэтому на данном этапе развития техники малая система может воспроизвести себя только в незначительной степени.

1.3 САС «тип 1» обладают будут обладать следующими особенностями. Во-первых, из ограниченности их задач следует ограниченность и постоянство номенклатуры продукции. Во-вторых, на время репликации не накладывается никаких ограничений. В этом САС коренным образом отличаются от современных гибких производственных систем. Для ГПС характерно максимально рациональное использование времени работы оборудования и стремление к исключению его простоев. Для САС понятие эффективности использования оборудования неприменимо.

В-третьих, САС «тип 1» являются минимальным вариантом системы с данным коэффициентом репликации в части номенклатуры оборудования. Иными словами, ни одна система с урезанным составом этого значения коэффициента не достигнет. В части количества оборудования САС «тип 1» также являются минимальным вариантом, но с учетом требуемого уровня резервирования.

2. Состав

2.1 САС «тип 1» состоит из участков и систем. Здесь под участком понимается набор оборудования близкого производственного назначения, размещенного на единой площадке. Система представляет собой такой же набор, но распределенный по всей площади САС. Оборудование из состава системы может размещаться как на участках, так и на отдельных площадях.

2.2 В состав САС «тип 1» войдут:

- участок металлообработки;
- участок обработки давлением;
- сварочный участок;
- участок порошковых технологий;
- участок нанесения покрытий;
- участок обработки неметаллических материалов;
- участок термообработки и поверхностного упрочнения;
- участок производства электронной компонентной базы;
- участок производства электронного оборудования;
- участок производства электротехнического оборудования;
- участок производства измерительного оборудования;

- участок производства кабелей;
- участок сборки;
- заготовительный участок;
- единая система управления технологическим процессом;
- автоматическая складская система;
- автоматическая инструментальная система;
- автоматическая испытательная система;
- автоматическая система контроля точности и качества;
- автоматическая система диагностики и обслуживания оборудования;
- автоматическая транспортная система и подъемное оборудование;
- участок консервации и упаковки.

2.3 Поскольку САС «тип 1» не обеспечивает полный цикл самовоспроизводства, в ней отсутствуют такие элементы, как:

- комплекс добычи и первичной переработки сырья;
- строительный комплекс;
- производство химических реагентов и пластмасс;
- средства утилизации и вторичного использования отходов.

Кроме того, производство электронных и электротехнических изделий в САС «тип 1» будет минимизировано, а их номенклатура сокращена даже в ущерб эффективности. Также до минимума будет сокращена номенклатура средств технических измерений, производимых в рамках САС.

Все недостающие комплектующие, оборудование, заготовки и вещества поступают на сборку САС с предприятий традиционного типа.

2.4 Необходимо отметить, что разделение оборудования САС по участкам является до определенной степени условным. В необходимых случаях в соответствии с требованиями техпроцесса оборудование одного назначения может входить в состав участка другого назначения. Например, на участке обработки давлением целесообразно разместить сварочную систему для сварки труб непосредственно после операции гибки. На сборочном участке могут быть размещены прессы для запрессовки подшипников, шлицевых соединений и т.п.

2.5 Основной сложностью при определении состава САС является угроза «расползания» системы при расширении ее возможностей самовоспроизводства. Включение дополнительной единицы оборудования в идеале не должно влиять на состав уже имеющегося оборудования, но рассчитывать на это можно далеко не всегда. Насколько реально неконтролируемое расширение системы при стремлении к требуемому значению K_p , может быть установлено только в процессе детального проектирования САС.

2.6 По перечню участков можно видеть, что в целом САС «тип 1», будучи сама совершенно новой и даже революционной системой, основывается на традиционных технологиях, главными из которых являются обработка металлов резанием и полупроводниковая микроэлектроника. Это позволяет уйти от избыточного технического риска и в какой-то степени гарантировать успех создания системы.

2.7 Все оборудование САС должно размещаться в цехах, построенных обычным способом. Со стороны цехов САС предоставляется:

- силовое электропитание;
- технологические среды (вода, сжатый воздух, смазочно-охлаждающая жидкость и др.);
- требуемые температурно-влажностные условия;
- «чистые зоны» с нормированным содержанием пыли в воздухе;
- освещение;
- средства накопления и утилизации отходов;
- подъемно-транспортное оборудование большой грузоподъемности (мостовые краны);
- система контроля, документирования и хранения информации.

Цеха и упомянутые средства обеспечения образуют площадку развертывания САС. Также на первых этапах развертывания сети САС площадка развертывания САС дополняется экспериментально-методическим участком.

2.7 Все участки САС представляют собой набор функционально-законченных производственных модулей. Каждый модуль включает в себя собственно целевое оборудование (станок, установку или группу

станков/установок), один или несколько роботов для загрузки/выгрузки заготовок и деталей, смены инструмента и т.п., а также вспомогательное оборудование – транспортеры, накопители заготовок/деталей и др. В состав участка функционально входят элементы ряда автоматических систем САС:

- транспортной;
- складской;
- инструментальной;
- контроля точности и качества;
- диагностики и обслуживания.

Для обеспечения надежности все производственные модули дублированы. Каждая пара работает параллельно, но по индивидуальной программе выпуска изделий. В частном случае оба модуля могут синхронно выпускать одинаковые изделия.

3. Персонал

Несмотря на то, что САС не требует непосредственного участия человека в производственном процессе, за людьми остаются задачи контроля, ремонта и парирования чрезвычайных ситуаций. Для контроля за функционированием системы в состав площадки развертывания включается центр управления. Информация поступает в него от встроенных в оборудование систем управления и от сети видеокамер (входят в состав площадки развертывания) через заводскую информационную сеть (также входит в состав площадки). Из центра через информационную сеть на оборудование САС могут быть выданы любые управляющие команды.

На основании написанного выше можно попытаться оценить численность персонала САС «тип 1». За основу примем предположение, что каждый участок или система контролируется в центре управления одним оператором. Для устранения возможных неполадок при каждом операторе дежурит квалифицированный техник, специализирующийся на оборудовании данного участка.

Исходя из этого, сделаем оценку сменного состава персонала САС «тип 1» (см. таблицу 1).

Таблица 1

Персонал	Численность	Решаемые задачи
Начальник смены	1	Управление системой в целом
Главный технолог	1	Общий контроль техпроцесса
Операторы и техники, специализирующиеся по участкам и системам САС	$2 \times 22 = 44$	Контроль и устранение неполадок на участках и в системах САС
Операторы и техники, специализирующиеся по системам площадки развертывания	$10 \div 12$	Обеспечение функционирования систем площадки развертывания
Аварийная бригада	5	Ликвидация пожаров, затоплений, выбросов вредных веществ и т.п.
Медперсонал (врач и медсестра)	2	Обеспечение медицинской помощи персоналу
Всего	65	

По всей видимости, в условиях экономики изобилия для занятых в сфере общественного производства будет установлен сокращенный по сравнению с сегодняшним рабочий день. Поэтому при оценке общей численности персонала следует ориентироваться не на трехсменную, а четырехсменную схему круглосуточной работы. В этом случае мы получаем минимальное количество сотрудников 260 человека и до 280 с учетом экспериментального участка. Если число САС «тип 1» будет составлять от нескольких сотен до несколько тысяч, то требуемый для их функционирования персонал может находиться в диапазоне от 100 тыс. до миллиона человек.

С одной стороны, эти цифры могут поколебать представление о САС как о модном в настоящее время «безлюдном предприятии». Безлюдными будут цеха, но никак не САС в целом. С другой стороны, в масштабах страны миллион человек – это менее одного процента населения и вполне вписывается в прогнозируемую для экономики изобилия модель «общества 20:80», где занятые в общественном производстве составят не более 20% от общего числа трудоспособных граждан. Тем не менее очевидно, что даже начальный этап экономики изобилия потребует значительно больших человеческих ресурсов, чем

могут обеспечить группы энтузиастов. Экономика изобилия может быть только общегосударственным делом.

В дальнейшем, по мере отработки САС и повышения их надежности, можно будет передать одному оператору контроль над несколькими участками и за счет этого значительно сократить персонал.

4. Этапы создания

САС «тип 1» представляет собой слишком новую систему, чтобы быть созданной «с чистого листа». Перед ней должно быть построено несколько упрощенных вариантов, а до них – значительное количество моделей и макетов.

Задачи упрощенных вариантов (аналогов) САС представлены в таблице 2, их комплектация в таблице 3.

Таблица 2

Вариант САС	Основные обрабатываемые задачи	Дополнительные задачи
Аналог-1	Выпуск полной номенклатуры деталей системы из металлов и неметаллических материалов, без сборки и в автоматизированном режиме	После завершения отработки возможен выпуск «Аналога-1» ограниченной серией для расширение возможностей машиностроительных отраслей до ввода в строй САС
Аналог-2	Выпуск неполной номенклатуры оборудования САС в автоматическом режиме	После завершения отработки возможен выпуск «Аналога-2» ограниченной серией для насыщения машиностроения оборудованием, в т.ч. для автоматической сборки, до ввода в строй САС

Вариант САС	Основные обрабатываемые задачи	Дополнительные задачи
Аналог-3	Выпуск полной номенклатуры электронных и электротехнических изделий, используемых в САС «тип 1», в автоматизированном режиме	После завершения отработки возможен выпуск «Аналога-2» ограниченной серией для развития производственной базы электронной и электротехнической промышленности
САС «тип 1»	Самовоспроизводство с заданным K_p	

Таблица 3

Элементы САС	САС «тип 1»	Аналог-1	Аналог-2	Аналог-3
Участок металлообработки	+	+	+	-
Участок обработки давлением	+	+	+	-
Сварочный участок	+	-	+	-
Участок порошковых технологий	+	-	+	-
Участок нанесения покрытий	+	+	+	-
Участок обработки неметаллических материалов	+	+	+	±
Участок термообработки и поверхностного упрочнения	+	+	+	-
Участок производства электронной компонентной базы	+	-	-	+
Участок производства электронного оборудования	+	-	-	+
Участок производства электротехнического оборудования	+	-	-	+

Элементы САС	САС «тип 1»	Аналог-1	Аналог-2	Аналог-3
Участок производства измерительного оборудования	+	-	-	
Участок производства кабелей	+	-	-	+
Участок сборки	+	-	±	±
Заготовительный участок	+	±	±	±
Участок консервации и упаковки	+	-	-	-
Единая система управления технологическим процессом	+	-	+	-
Автоматическая складская система	+	±	±	±
Автоматическая инструментальная система	+	±	+	-
Автоматическая испытательная система	+	-	±	±
Автоматическая система контроля точности и качества	+	±	±	±
Автоматическая система диагностики и обслуживания оборудования	+	-	±	-
Автоматическая транспортная система и подъемное оборудование	+	±	±	-
Дополнительно: - экспериментально-методический участок	+	-	-	-
Примечание: ¹⁾ «±» означает, что данный элемент может входить в систему в неполной, по сравнению с САС «тип 1», комплектации				

Из таблиц видно, что «Аналог-1» представляет собой расширенный вариант современных гибких производственных систем, причем не самых сложных – в нем отсутствует участок сборки, который в ряде ГПС имеется. Также в «Аналоге-1» отсутствует единое управление технологическим процессом, оно предусмотрено только в масштабе отдельных участков и систем. Это, а также

отсутствие автоматической системы диагностики и обслуживания накладывает определенные требования на исполнение применяемого в «Аналоге-1» оборудования. Оборудование должно будет иметь более развитый интерфейс для взаимодействия с человеком-оператором, чем оборудование полноценной САС, а также снабжаться защитными кожухами, экранами и т.п.

За счет значительного снижения (по сравнению с САС «тип 1») занимаемых площадей выпускать «Аналог-1» можно будет как в стационарном, так и в мобильном (железнодорожном) исполнении. Не исключено, что в условиях неопределенного состояния отечественного машиностроения в ближайшие десятилетия такая возможность окажется не лишней.

Основным отличием «Аналога-2» от «Аналога-1» станет появление участка сборки и, как следствие, автоматической испытательной системы. От САС «тип 1» ее предшественник будет отличаться отсутствием всего, что связано с электроникой и электротехникой. Отработка выпуска микроэлектронного и электротехнического оборудования САС будет производиться на «Аналоге-3». До известной степени «Аналог-3» должен решать те же задачи, что и реализуемый в настоящий момент проект «НАНОФАБ-100», но со следующими особенностями:

- «Аналог-3» имеет более низкий технологический уровень (использование фотошаблонной литографии по сравнению с многолучевой электронной литографией с разрешением 20 нм в «НАНОФАБ-100»);
- «Аналог-3» ориентирован не на мелкосерийное, как «НАНОФАБ-100», а более масштабное производство микросхем, т.к. для одной САС их, по предварительным оценкам, потребуется несколько тысяч;
- «Аналог-3» может производить не только микросхемы, но и полный спектр микроэлектронной продукции, включая силовую электронику и готовые микроконтроллеры, а также электротехнику (в первую очередь электроприводы) с использованием автоматической сборки. Это значительно превосходит возможности «НАНОФАБ-100».

Таким образом, «Аналог-3» по назначению и возможностям не является прямым конкурентом «НАНОФАБ-100», а дополняет его в другой «экологической нише».

5. Дальнейшее развитие

САС «тип 1» не могут создать технологический базис, необходимый для перехода к упомянутым в п.1.1 автоматическим производственным комплексам из-за ограниченности возможностей. Поэтому после них должны быть созданы САС, условно называемые «тип 2» и включающие:

- значительно расширенные участки производства микроэлектронной и электротехнической продукции;
- новый участок малотоннажного химического производства;
- расширенный участок производства измерительного оборудования для полной независимости от внешних источников при проведении технических измерений;
- новый участок литейного производства на основе центробежного литья и литья по выплавляемым/выжигаемым моделям. Для создания моделей должна использоваться 3D-печать;
- новый участок утилизации металлических отходов (поставляет сырье для литейного участка, химического участка и участка порошковых технологий).

Коэффициент репликации для САС «тип 2» может быть повышен ориентировочно до $0,9 \div 0,95$.

САС «тип 2» могут быть менее консервативными в части используемых технологий по сравнению с САС «тип 1». Возможно, в их состав дополнительно к перечисленному войдет специальный участок производства нанопродукции. Также возможно, что нанотехнологии будут использоваться на других участках, в первую очередь на участке производства электронной компонентной базы. Однако в настоящий момент для более детального рассмотрения этих вопросов нет достаточных проработок.